

El laboratorio de Lavoisier, reconstruido en el Conservatorio de Artes y Oficios de París. Una de las aportaciones más notables de Lavoisier a la ciencia fue la desautorización de la teoría del "flogisto".

La ciencia romántica

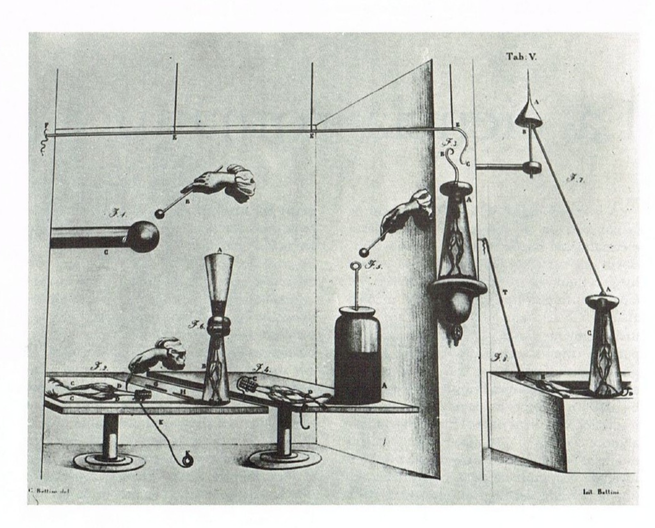
A fines del siglo XVIII las ideas acerca de la constitución de la materia eran todavía esencialmente medievales. Los cuerpos sólidos al quemarse perdían flogisto, que era un fuego o fluido de naturaleza poco precisa. La teoría del flogisto, propuesta por el médico alemán G. E. Stahl en 1730, fue aceptada unánimemente hasta por químicos tan respetables como Cavendish y Priestley. La hipótesis aristotélica de un "cuerpo ligero por esencia" resucitó en el flogisto, que explicaba algunos fenómenos. Pero estaba en contradicción con otros hechos bien observados; algunos cuerpos al quemarse, por ejemplo el estaño al "calcinarse" dentro de un crisol, en lugar de disminuir de peso, como debía ser por la pérdida del flogisto, aumentaban de peso; por lo tanto, no sólo no expedían materia, sino que la absorbían. La segunda observación que hizo imposible mantener la doctrina del flogisto fue que comparando los diferentes gases que desprendían los cuerpos al desflogistizarse se notó que no eran idénticos. Uno era aire desflogistizado (oxígeno), otro aire flogístico (amoníaco), etc. La combustión era, pues, todo lo contrario de lo que proponía la química flogística; en lugar de ser emanación de algo que contenían los cuerpos, era una absorción de algo que no estaba antes en ellos. Lavoisier había probado que, en la mayoría de los casos, este algo era el oxígeno del aire. Lavoisier descompuso y recompuso varias sustancias, revelando que la materia estaba compuesta de un nú-



mero limitado de cuerpos simples. Por los trabajos de Lavoisier, proseguidos por Proust, sabemos que en cada cuerpo compuesto los elementos simples entran a formarlo según proporciones constantes y definidas. Así, para formar el agua se necesitan dos partes de hidrógeno por una de oxígeno... ¡Qué infantiles parecen hoy estos conceptos! Sin embargo, ¡qué gran paso! Después de las investigaciones y experimentos de Lavoisier y Proust ya no se habló más de cremas, extractos, mantecas de antimonio o de azufre o cobre, sino de óxidos, sulfatos y nitratos.

En los primeros decenios del siglo XIX se continuó la obra de Lavoisier estudiando, analizando y pesando los cuerpos simples. Se ordenaron en lista preliminar, y Dalton, en su *Nuevo sistema de filosofía química,* formuló la ley de los llamados *pesos específicos.* Las sustancias elementales –cuerpos simples– de la naturaleza se creyeron formadas por átomos, que pesan diferentemente; y, según la ley de Dalton, sus pesos atómicos se ordenan en una serie matemática tan regular, que casi puede predecirse la existencia de un cuerpo desconocido cuando su lugar de la serie no está todavía ocupado por uno de los cuerpos ya descubiertos. El que se toma como unidad es el hidrógeno; el peso de los demás aumenta hasta el uranio, cuyo átomo pesa 238 veces el del hidrógeno.

A.-L. Lavoisier y su esposa, por F. S. Bradford. Este químico francés se dedicó sobre todo al estudio de los procesos de oxidación, lo que le llevó a analizar también la respiración animal. Perteneciente al cuerpo de recaudadores de impuestos, fue detenido por la Convención y ejecutado.



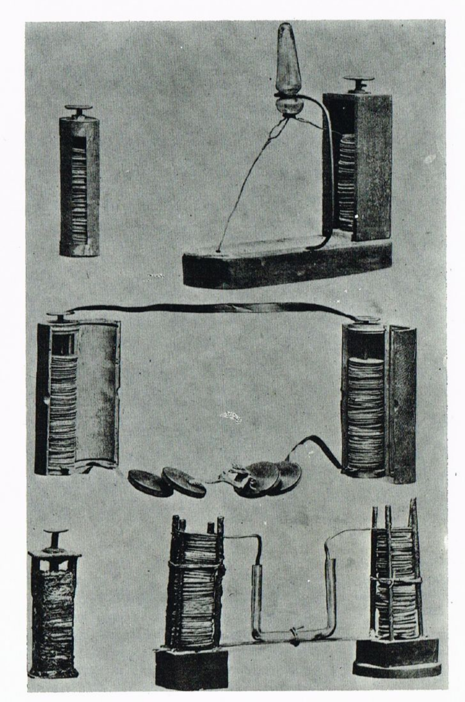
Experimentos eléctricos de Galvani, según un grabado del siglo XIX (Museo de Ciencia y Técnica de Milán).

Esto era ni más ni menos la antigua teoría atómica de Demócrito, el filósofo griego del siglo V antes de Jesucristo, que Galileo había recordado con interés, y Boyle y Newton habían mencionado en sus especulaciones. Después quedó algo olvidada, pero nunca enteramente refutada. La materia se componía de átomos existentes desde la eternidad y destinados a permanecer eternamente en su indivisible solidez. Según Demócrito, los átomos eran diferentes en forma y medida, pero idénticos en sustancia. Demócrito atribuye las diferentes propiedades de los cuerpos a la variable posición que toman los átomos en los compuestos.

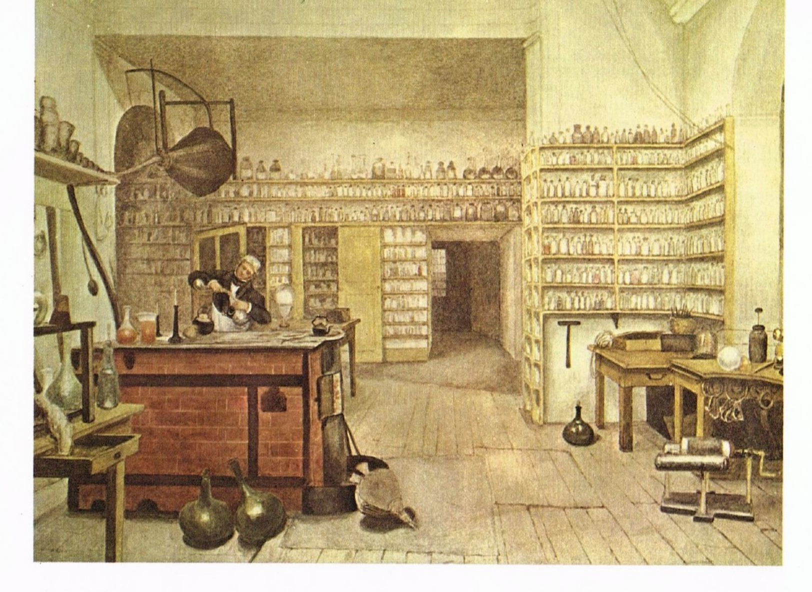
Hasta la regularidad de la serie de los pesos atómicos hizo encontrar razonables las ideas de Demócrito acerca de la unidad de la materia. Se llegó a pensar que una sola sustancia más o menos comprimida –el hidrógeno– formaba todo el universo. Esta idea no prosperó; ya entrado el siglo XX, se ha retrocedido en cierto modo al concepto de la unidad esencial de la materia, porque parece que la materia es pura electricidad, pero durante el siglo XIX se creyó que cada cuerpo simple era una sustancia homogénea esencialmente distinta de la de los demás. Hay en la creación algo más de cien clases hasta ahora reconocidas de materia (cuerpos simples) que se combinan entre sí para formar las moléculas de los compuestos. Los elementos simples no sólo tienen distinta calidad, sino que se manifiestan con diferente capacidad de mezclarse: un átomo de oxígeno tiene doble voracidad que el de hidrógeno; el del nitrógeno, triple; el átomo de carbono, cuatro veces más. Las moléculas se representan como si fueran poligonales, con vértices donde se insertan los átomos de los cuerpos simples al formarse el compuesto. Así la molécula de ácido clorhídrico tiene un átomo de cloro y uno de hidrógeno, Cl-H; la de agua, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, H-O-H; la de amoníaco, un átomo central de nitrógeno y tres de hidrógeno; la molécula del metano o gas de los pantanos, un átomo de carbono rodeado de cuatro átomos de hidrógeno.

Estas ideas de la constitución de la materia según los químicos del siglo XIX eran puras hipótesis. Nadie podía ver una molécula o un átomo porque debía de haber millones de ellos en un milímetro cúbico. Pero como hipótesis sirven admirablemente para estudiar las reacciones de los diferentes elementos y explicar de manera algo ingenua su comportamiento químico.

Simultáneamente, los físicos estudiaban las cualidades que podríamos llamar exteriores de la materia: frotamiento, adherencia, capilaridad, elasticidad, etc. Lagrange formuló los principios matemáticos de la mecánica, y Cauchy, Carnot, Hertz y Jacobi añadieron nuevos teoremas que regulan la acción de las fuerzas sobre los cuerpos produciendo fenómenos de movimiento. Estas fórmulas matemáticas de la mecánica de Lagrange y sus continuadores las empleamos todavía, pero la verdadera esencia de las fuerzas continúa tan enigmática como lo era para los griegos. Así, por ejemplo, no comprendemos la causa de la fuerza centrífuga, y es un misterio completo la razón de la más importante de estas fuerzas universales de la materia, o sea la gravitación. Para facilitar por lo menos su comprensión, Lamé lanzó la idea del éter, tan hipotética como la del flogisto. Nunca se aclaró por sus propugnadores si el éter es o no materia enrarecida; se supone que ha de existir algo que llene los espacios interestelares e intermoleculares y que este algo



Diversos tipos de las pilas empleadas por Volta. Este científico italiano fue el creador de la pila para el estudio de la electricidad. Obtuvo de Napoleón máximos honores por su invento.



Faraday en su laboratorio de la Royal Institution, según acuarela de Moore (The Royal Institution, Londres).

es el éter. Pero su existencia la presuponemos solamente, porque la imaginación se resiste a aceptar la idea del vacío absoluto y porque no comprendemos que los cuerpos puedan atraerse a distancia sin un agente para transmitir sus atracciones. Y a este agente imaginario lo llamamos *éter*. Pero desconocemos sus cualidades.

El éter era también conveniente para explicar la electricidad, que puede decirse que fue descubierta en 1800 por Volta. Antes sólo se conocían los fenómenos eléctricos producidos por frotamiento y la electricidad de la atmósfera, pero, en 1780, Galvani había observado que el contacto de un conductor cargado de electricidad obtenida por frotamiento hacía mover los nervios de unas ranas despellejadas. Se creyó al principio que la electricidad era puramente animal, que era una fuerza que estaba activa o latente en la materia viva, y por esto se habló de magnetismo.

Repitiendo Volta los experimentos de Galvani, observó fenómenos eléctricos producidos por agentes que no tienen nada que ver con la vida; notó que un trapo húmedo entre dos metales desarrolla electricidad y esto le llevó a inventar su pila. El nombre de *pila* proviene de su forma: las primeras pilas de Volta eran columnas con series de discos metálicos separados por rodajas de lana húmeda. Poco después inventó Volta la pila con los metales sumergidos dentro de un líquido ácido, que es ya en principio la pila que usamos hoy. En marzo de 1800 comunicó Volta a la *Royal Society* de Londres el descubrimiento de su pila, y en noviembre del mismo año la presentó personalmente al Instituto de París, haciendo experimentos de choques y chispas eléctricas. Parece extraño que aquellos insignificantes efectos de la electricidad engendrada por la pila primitiva pudieran causar sensación a sabios y profanos; nadie podía sospechar el tremendo porvenir de la minúscula fuerza que allí se manifestaba. Con todo, Bonaparte pidió al Instituto que otorgara a Volta la medalla de oro y le nombró conde y senador de su República Cisalpina.

Desde aquel momento los descubrimientos se suceden rápidamente. En Inglaterra, Carlisle, operando con una serie de dieciséis pilas, notó que la electricidad descomponía el agua. Davy, operando con una batería de 250 pilas, descompuso la potasa cáustica, y en el polo negativo recogió el potasio. Hecha la misma operación con la sosa, separó el sodio. El propio Davy, en el año 1812, con una batería formidable de pilas Volta, hizo pasar la electricidad por dos bujías de carbón y produjo el arco voltaico, cuya tempe-

ratura funde todos los metales, incluso el platino. El cuarzo, el zafiro y el magnesio se licuan en la llama del arco voltaico y el diamante se quema completamente. Así, en pocos años, con la electrólisis, o separación de los cuerpos al pasar electricidad a través de ellos, y la fusión conseguida con el arco voltaico, se trastornaron por completo las ideas que tenían los físicos y químicos acerca de la materia y sus propiedades. La electricidad se convertía en luz y calor, y se sospechó que el calor y la luz podían convertirse en electricidad.

La transformación de la electricidad en fuerza mecánica, y viceversa, fue descubierta gradualmente. Arago, en 1820, había observado que las limaduras de hierro eran atraídas al pasar una corriente eléctrica cerca de ellas; Boisgiraud, el mismo año, observó que una aguja de acero flotante en el agua también se desviaba; Ampère es el verdadero fundador de la electrotecnia. Por lo menos acertó a imaginar una teoría que explicara su funcionamiento. Para Ampère, la electricidad era un fluido –el fluido eléctrico– que circulaba por los hilos conductores, iba del polo positivo al negativo; las corrientes eran ya en cierto modo movimiento. Ampère empleaba, por lo tanto, la palabra electrodinamismo en lugar de electromagnetismo, que sugería todavía el magnetismo animal y los experimentos de Galvani. El libro de Ampère, *Théorie des phénomènes électro-dynamiques déduits de l'expérience,* publicado en 1826, se ha comparado en importancia al *Libro de los principios,* de Newton.

Pero el fenómeno llamado de *inducción,* o producción de una corriente eléctrica en un circuito metálico acercando otro circuito cargado de electricidad o simplemente un imán, fue descubierto por Faraday, hijo de un herrero de Londres. En 1821, a la edad de treinta años, empezó a ocuparse en electricidad. Prosiguiendo los experimentos de Ampère, Faraday colocó dos circuitos metálicos uno al lado del otro; uno de los circuitos estaba electrificado y Faraday creía que la corriente del electrificado produciría una corriente simpática en el vecino... No ocurrió así, sino que sólo al pararse la corriente inductora el circuito vecino se cargó misteriosamente de electricidad. Era un efecto a distancia, que podía también producirse con un imán: acercando o retirando un imán de un circuito sin electricidad se producían descargas eléctricas... Y si acercando o separando un imán de un circuito se producía electricidad en aquel hilo "muerto" antes de "inducirlo" el imán, también, viceversa, haciendo pasar una corriente por un circuito se podía atraer a un imán. Así tenemos ya electricidad convertida en movimiento y movimiento convertido en electricidad: el imán, al acercarse al circuito, producía corriente; la corriente, pasando por el circuito, acercaba el imán. En este sencillo descubrimiento de Faraday se fundan todas las dínamos y motores eléctricos que tenemos hoy en el mundo.

El fenómeno de la inducción, que origina una corriente por la vecindad de otra electrizada, hizo reflexionar acerca de la naturaleza de la electricidad. Primero, con los experimentos de Galvani se había creído que la electricidad era un fenómeno biológico; después Volta creyó que era un fluido especial, independiente, que corría por los hilos o estaba en los imanes. Pero la inducción no se explicaba con esta hipótesis; los circuitos inductor e inducido estaban separados, y ¿cómo podía el fluido eléctrico pasar del uno al otro, salvar la distancia sin notarse chispas ni efectos eléctricos en el aire? Maxwell fue el primero que trató de explicarlo con la idea de que la electricidad podía transmitirse por el éter, que ya hemos dicho que llenaba los espacios intermoleculares e interestelares.

THÉORIE MATHÉMATIQUE

DES PHÉNOMÈNES

ÉLECTRO-DYNAMIQUES

UNIQUEMENT

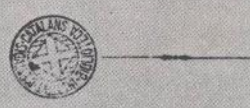
DÉDUITE DE L'EXPÉRIENCE

PAR

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

DEUXIÈME ÉDITION

CONFORME A LA PREMIÈRE PUBLIÉE EN 1826



PARIS

A. HERMANN, LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE

8, RUE DE LA SORBONNE, 8

1883

Portada de la segunda edición (1883) de la obra "Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques", de Ampère, cuya posición científica se explica claramente en la segunda parte del título: "Únicamente deducida de la experiencia" (Biblioteca Central, Barcelona).



Sir Humphrey Davy, por T. Lawrence (The National Portrait Gallery, Londres), investigador inglés que descubrió el fenómeno del arco eléctrico; trabajó en la electrólisis de las sales, con lo que pudo descubrir el sodio y el potasio; ideó la lámpara de seguridad de su nombre para el trabajo en las minas de carbón y descubrió las propiedades del platino como catalizador.

Esta idea fue aceptada en seguida por Hertz en Alemania y Henry en América. Parecía corroborada por la circunstancia de que la luz, también transmitida por el éter, y la electricidad tenían casi la misma velocidad. Se había medido y daba para ambas, con los métodos imperfectos de entonces, casi la misma: 300.000 kilómetros por segundo. Con este dato, Maxwell llegó a creer que la luz era un fenómeno electromagnético. Faraday, en el año 1845, había insinuado ya lo mismo, diciendo: "...por fin he logrado electrificar un rayo de luz y he iluminado una corriente eléctrica".

Simultáneamente se hacían esfuerzos para apreciar la relación del calor y la luz; el calor con la expansión hace vibrar placas metálicas y produce ruidos; la luz hace mover las aspas de un molinito encerrado dentro de un recipiente de cristal en el que se ha hecho el vacío. Así, después del concepto fracasado de la unidad y uniformidad de la materia, aparecía el análogo concepto de la unidad y uniformidad de la energía. Parecía seguro que la cantidad de energía almacenada en el universo era siempre la misma: podía transformarse de un tipo de energía en otro, pero en cantidad no aumentaba ni disminuía. Se calcularon las cantidades de energía, se *pesó,* por decirlo así, el movimiento, la luz, el calor, y la suma después de las transformaciones era la misma. Elevar en un grado la temperatura de una libra de agua, según Joule, representaba un trabajo igual a elevar la misma agua 778 pies. Imagínense las consecuencias; viceversa, calentando un grado una libra de agua se podía elevar un peso de 778 libras a un pie de altura o una libra a 778 pies, y haciendo hervir el agua que estaba a cero se podían elevar 77.800 libras si no había pérdidas en el mecanismo.

Pero ¿cuál era la causa o la naturaleza de esta energía que se transmite produciendo cambios físicos y químicos en las sustancias? ¿Qué es lo que transforma la electricidad en luz, en movimiento, y viceversa? A principios del siglo XIX se creía que era el calor. Lavoisier, observando el calor que se origina en las reacciones químicas, había enunciado textualmente que "el calor es la fuerza viva que resulta de movimientos insensibles de las moléculas de los cuerpos". Rumford, preocupado, obsesionado por el misterio del calor, se pregunta: "¿Es que habrá algo que podríamos llamar fluido ígneo?"

Se desprendía calor cuando se agitaban o rozaban los cuerpos, y parecía el factor más importante del movimiento; el calor mantenía las moléculas unidas y obligaba a los átomos a combinarse para formar la molécula. Si tal era la correlación entre el calor y la energía, el calor podría servir para medir las fuerzas y el movimiento: por tantos grados de calor, una máquina (descontando las pérdidas por rozamiento) producía un número proporcionado de caballos de fuerza y, por consiguiente, trabajo. Así se originó casi una ciencia aparte, la llamada *termodinámica,* cuyas primeras leyes formuló Sadi Carnot; no había duda de que a cierta cantidad de calor correspondía una cantidad determinada de movimiento o de trabajo que podía medirse con fórmulas matemáticas.

Sin embargo, el calor-teórico, el calor-energía, es algo tan imaginario como el flogisto y el éter; es un elemento abstracto, hipotético y romántico que sirve para medir los fenómenos físicos y químicos, pero diferente del calor-calor. Berthelot, en 1853, formuló la ley capital de la termoquímica, que demuestra que el calor tiene, por lo que toca

a las reacciones químicas, fantasías especiales de comportamiento. La ley de Berthelot dice así: "En toda combinación química se forma aquel compuesto para cuya producción se libera más calor". Es decir, que si dos o más cuerpos simples se ponen en un recipiente y se pueden formar con ellos varios tipos de compuestos, se forma aquel que se calienta más al formarse.

La idea algo abstracta del calor-agente se desechó para ser sustituida por la hipótesis del éter que llena los intersticios de la materia y transmite la energía. El calor es ya un subordinado del éter. El calor es también vibración y el éter lo transmite como el aire transmite el sonido. Pero ¡qué comparación más romántica! El aire es; el aire se mueve en realidad, las ondas del sonido se perciben mecánicamente, hacen vibrar la membrana de un tambor. El éter no es, y pensar en sus vibraciones es tratar de explicar lo que existe con lo que no existe... Sin embargo, todo ocurre como si existiera, y las ondas de este éter que no existe se calculan en fórmulas matemáticas como antes el calor; con ellas se construyen máquinas que marchan a la perfección. La irracionalidad de las hipótesis hoy no nos preocupa; sabemos que las hipótesis son más instrumentos de trabajo que explicaciones de los fenómenos. Pero en la época romántica las hipótesis se creían realidad, y parecía probarlo el que hechos nuevos venían a confirmarlas. A veces un fenómeno se explicaba con dos o más hipótesis distintas.

La óptica también prosperó con la hipótesis del éter. Newton creía que la luz era algo que se exhalaba o emitía por los cuerpos luminosos. Al introducirse la idea del éter vibrando para transmitir la luz, quedaba inexplicado que las ondas luminosas no se desparramaran como las ondas del sonido, y que luz y sombra tuvieran una definición tan exacta. Fresnel desvaneció estas dificultades y lanzó la teoría de que el color de la luz –mejor dicho, los colores– depende de la diferencia de las vibraciones de las ondas del éter que conducen la luz a la retina.

Contemporáneamente a las explicaciones más o menos arbitrarias de la naturaleza de la materia y algunas de sus propiedades, la ciencia romántica trató de explicar el mecanismo del universo y las peculiaridades del globo terrestre. Laplace publicó en 1796 su *Sistème du Monde*, donde, después de hacer

TRAITÉ

DE

MÉCANIQUE CÉLESTE,

PAR P. S. LAPLACE,

Membre de l'Institut national de France, et du Bureau des Longitudes.

TOME PREMIER.



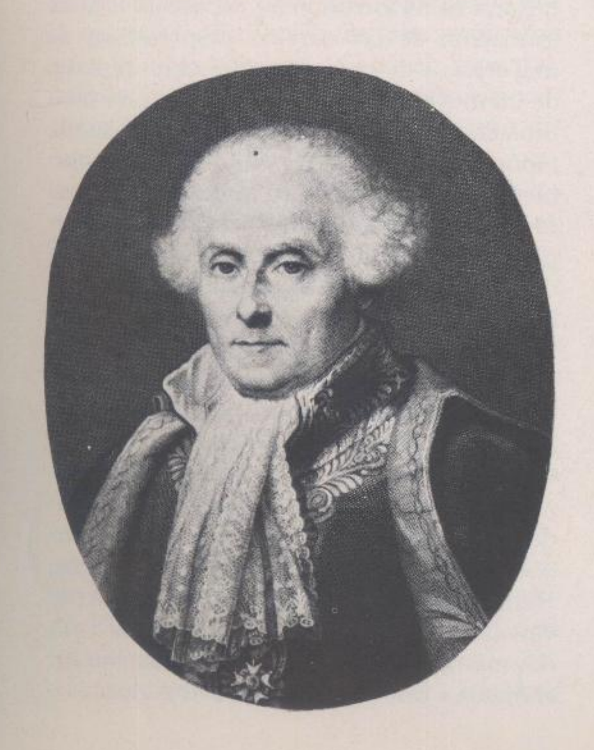
DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

A PARIS,

Chez J. B. M. DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins.

AN VII.

Portada del "Traité de mécanique céleste", de Laplace, que, junto con su "Sistème du Monde", sentaba la primera hipótesis moderna sobre el mecanismo de la formación del Universo (Biblioteca Central, Barcelona).



Efigie de Laplace aparecida en el volumen primero de sus "Obras completas", editadas en París en 1878 (Biblioteca Central, Barcelona).

LA EVOLUCION

Hasta mediado el siglo XIX, el fijismo es la teoría sobre el origen de las formas actuales de vida comúnmente aceptada. En el mundo actual existen las mismas especies que un día fueron creadas por Dios, no ha aparecido ninguna especie nueva. Las especies se multiplican, pero no varían.

El concepto de evolución se encuentra, sin embargo, en la filosofía griega, y en el siglo XVIII es claramente formulado por el filósofo y físico francés Maupertuis (1698-1759), para quien una variación accidental causa la aparición de especies nuevas.

Su experiencia como naturalista llevó a Buffon a admitir un transformismo limitado a la variabilidad de tipos dentro de una misma especie. Su amigo y colega Lamarck, profundizando las ideas del mismo Buffon sobre la acción del medio en los animales, adelantó una explicación de la variabilidad de las especies. La necesidad crea los órganos necesarios para la supervivencia, el uso los desarrolla y la falta de práctica los atrofia. Los caracteres adquiridos por acción del medio son transmitidos hereditariamente. También el biólogo Erasmus Darwin defendió la idea de un transformismo integral: una partícula primordial, dotada por su creador de la facultad de transformarse indefinidamente por la acción de causas externas, es el origen de toda la vida orgánica.

Para que estas teorías hubieran podido llegar a imponerse habría sido necesario la acumulación de pruebas sobre la variabilidad de las especies y la superación de la limitada cronología bíblica, que hacía inverosímil el cambio lento y gradual que supone la evolución.

La demostración de la existencia de faunas distintas es la obra de los primeros paleontólogos, como Cuvier y Saint-Hilaire.

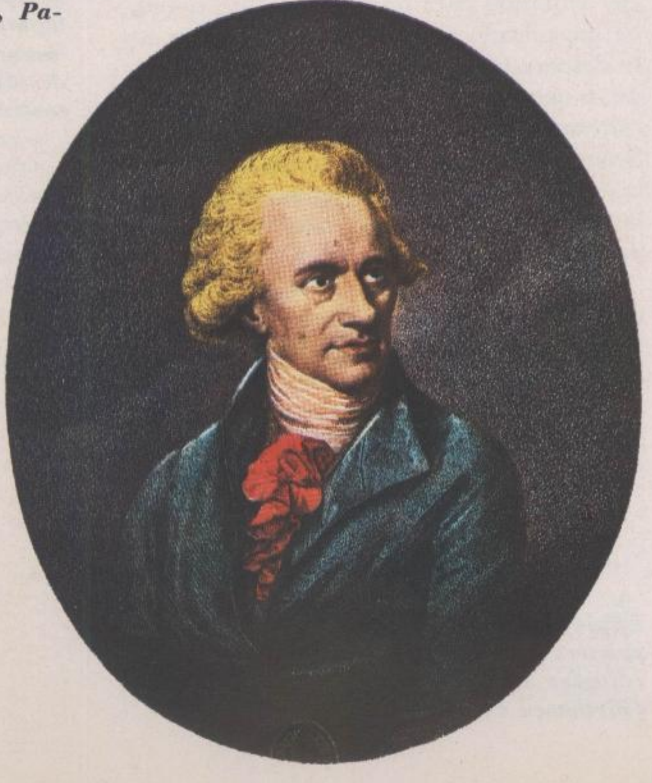
Lyell demuestra la antigüedad de la Tierra.

La obra de Darwin.

La afirmación del hecho de la evolución orgánica.

La selección natural como factor de la evolución.

Darwin aplicaba a la biología el principio de la uniformidad natural, que ya Lyell habia defendido en sus teorías geológicas.



F. W. Herschel, el primer astrónomo que vio un planeta desconocido por los antiguos (Academia de Ciencias, París).

historia de la astronomía, expuso la idea de formación de las estrellas desprendidas de una *nebulosa* de gases incandescentes provista de un movimiento de rotación. En otra obra titulada *Mecánica celeste,* Laplace completó la hipótesis con cálculos y detalles aparatosamente científicos. El libro hizo sensación, casi escándalo; cuéntase que al ser presentado Laplace a Napoleón, éste se lo reprochó diciendo: "Monsieur Laplace, me dicen que no habéis puesto a Dios en esta voluminosa descripción del universo...", y que al contestar Laplace que no había tenido necesidad de tal *hipótesis,* Napoleón replicó, como un pragmatista moderno: *"Ah, c'est une très belle hypothèse; ça explique beaucoup de choses".*

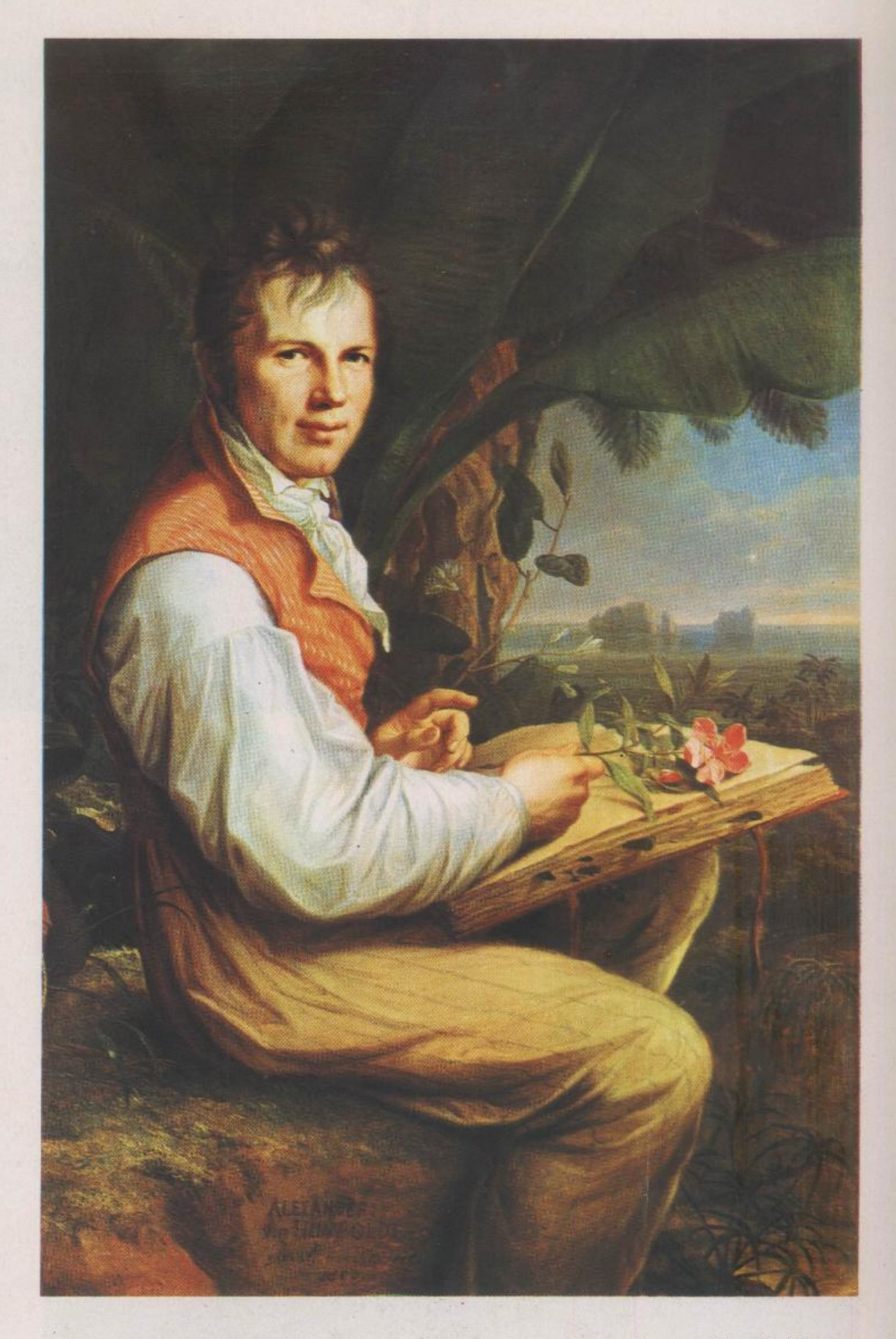
Y, efectivamente, las hipótesis han servido para explicar muchas cosas desde los tiempos románticos hasta hoy. Así, por ejemplo, Herschel, un alemán emigrado en Inglaterra, descubrió con el telescopio un planeta, Urano, más allá de los que habían conocido los antiguos y que parecían los únicos dueños y

señores posibles de los cielos. Pero los movimientos del planeta Urano estaban perturbados por un agente extraño que no podía explicarse más que por la existencia de otro planeta todavía en el sistema solar. Leverrier precisó matemáticamente en 1846 la posición del planeta desconocido. Le dio el nombre de Neptuno. En efecto, tres semanas después Galle, de Berlín, lo divisó con el telescopio en el lugar señalado, pero Leverrier nunca quiso rebajarse a contemplar con los ojos aquel cuerpo celeste que había descubierto con la mente. Para él, Neptuno era una fórmula más que un cuerpo celeste animado de movimiento.

No sólo el cielo se pobló de nuevos astros, sino que hasta se pudo llegar a averiguar de qué sustancias estaban formados el sol, los planetas y las estrellas. Estas eran diferentes no sólo en medidas, sino en calidad. Herschel compara el cielo a un jardín con multitud de plantas. En el jardín de las estrellas unas son frescas y jóvenes, otras se secan, otras se dividen y procrean. El análisis de la composición química de los cuerpos estelares se hizo y se hace todavía con el espectro de su luz. Espectro es la faja de colores en que se descompone la luz al atravesar un prisma. Va del rojo al violeta. Newton lo había ya descrito, pero Fraunhofer, en 1814, notó que la faja del espectro estaba interrumpida por rayas y que éstas aparecían igualmente en el espectro de la luz del sol que en el espectro de la luz de las estrellas.

Herschel anticipó que las rayas del espectro podían servir para el análisis químico, pues quemando un cuerpo en una llama la presencia o ausencia de ciertas rayas podía representar la presencia o ausencia de un elemento simple en el cuerpo compuesto que se quemaba. Kirchhoff y Bunsen inventaron métodos más precisos de análisis espectral, descubriendo con su auxilio nuevos elementos, o cuerpos simples. La comparación del espectro de la llama donde queman los cuerpos terrestres y el espectro de la luz de los cuerpos estelares probó que éstos contienen los mismos elementos que encontramos en la tierra. Hay algunas excepciones: parece que el Sol no tiene litio, o lo tiene en pequeñísimas cantidades; en cambio, el helio, que se descubría en la masa solar por unas rayas que parecían ser exclusivas del astro por su manifestación en el espectro, fue descubierto también en la cleveíta.

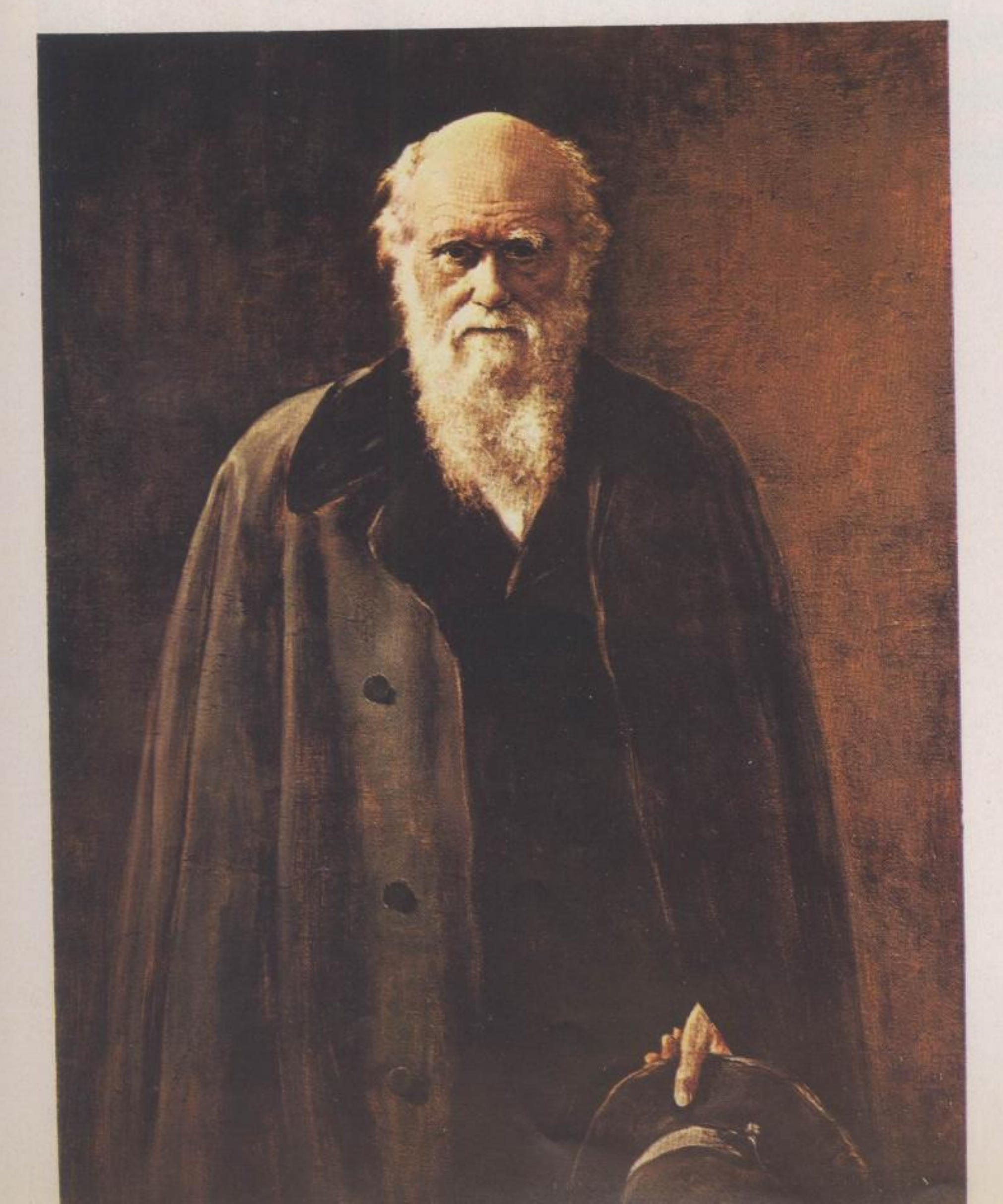
Conocida la materia que formaba los astros, ¿cuál era el aspecto global del que nosotros habitamos? La primera descripción científica del "haz de la tierra" fue intentada por Alexander von Humboldt con su libro *Kosmos*. El barón de Humboldt era un aristócrata prusiano, de abundantes recursos.



Alexander von Humboldt, que viajó por diversas partes del mundo y recogió sus impresiones en la obra "Kosmos". Cuadro de Weitsch en la Staatsgalerie de Berlín.

Acompañado de un naturalista francés, Bonpland, Humboldt viajó durante los años 1798 a 1805 por la América española. Desde 1828 a 1830 viajó por el Asia rusa, llegando hasta China. Con el material recogido en sus exploraciones, Humboldt regresó a París y allí compuso un libro admirable, tanto por su estilo como por la variedad de conocimientos que revela. Humboldt, además de la forma de los continentes con sus depresiones y montañas, trató de explicar las grietas gigantescas de los océanos, la causa de las tempestades tropicales y los ciclones, las variaciones

Balsa de transporte en el río Guayaquil, grabado según esquema de Humboldt (Biblioteca Nacional, París).



de intensidad de la fuerza magnética, la actividad de los volcanes, los terremotos, marcó en el mapa de la Tierra por primera vez las líneas isotermas o de igual temperatura; en una palabra, la geografía de Humboldt es más que una pura descripción o anatomía de la Tierra: es casi una fisiología y psicología del planeta. El cuarto y último volumen del *Kosmos* de Humboldt se terminó poco antes de su muerte, en 1858, cuando el autor frisaba en los noventa años.

Los primeros volúmenes del *Kosmos* espolearon a otros a realizar investigaciones del mismo tipo. En 1831, el Almirantazgo inglés envió el buque *Beagle* "para estudiar la costa de la Patagonia, Tierra del Fuego, Chile y Perú, lo mismo que ciertas islas del Pacífico, y hacer mediciones geodésicas y geológicas alrededor del mundo". El viaje se hacía "por objetivos exclusivamente científicos". Como "naturalista" adscrito a la expedición iba Charles Darwin, que después publicó un

Charles Darwin, por J. Collier (The National Portrait Gallery, Londres). Este naturalista inglés defendió la teoría de la evolución de las especies.

LA GEOLOGIA MODERNA

Según el relato bíblico, la Tierra sólo tenía 6.000 años de existencia; para que en este corto espacio de tiempo la corteza terrestre hubiera podido transformarse con la intensidad que indicaban los testimonios geológicos a los primeros estudiosos era preciso pensar en una historia primitiva del planeta muy distinta de la actual, en unos tiempos en que la Tierra había sido sacudida por catástrofes sucesivas, de las que el diluvio bíblico era tan sólo un ejemplo.

Esta explicación fue aceptada y defendida, entre otros, por:
G. Cuvier (1769-1832).
W. D. Conybeare (1787-1857).
A. Sedwick (1785-1873).
W. Buckland (1784-1856).

Aun cuando muchos geólogos defendieron la idea de una mayor actividad del planeta en las primeras etapas de su constitución y Lyell mismo hizo observar que nunca había creído que los factores geológicos hubiesen actuado siempre de una manera uniforme, la geología, como ciencia que explica la formación del planeta desde sus orígenes hasta la actualidad mediante leyes naturales y constantes, nace con la obra de Lyell y sus discípulos en el segundo cuarto del siglo XIX.

En la geología se afirma por primera vez con éxito un principio básico de la ciencia del siglo XIX: el principio de la uniformidad natural, es decir, la actividad universal y constante de las causas y fuerzas observables en el mundo contemporáneo. De la misma manera que los científicos del Renacimiento habían superado las distinciones establecidas por los sabios griegos entre la Tierra y los otros cuerpos celestes, se derribaban ahora las barreras que separaban un período primitivo, en el que sólo Dios parecía actuar, de un mundo contemporáneo abandonado a las leyes de la naturaleza.

Pero ya en el siglo XVIII, el geólogo inglés J. Hutton (1726-1797) vio en los distintos estratos el resultado natural de un fenómeno observable: el continuado depósito de sedimentos. Hutton postulaba los presupuestos de los que surgiría la geología moderna: la remota antigüedad del planeta y la acción constante de los mismos factores geológicos en su constitución.

W. Smith descubrió un conjunto de treinta y dos estratos con diferentes fósiles cada uno, a los que asignó edades relativas. Como Hutton, consideró que los estratos se habían formado por una lenta acumulación de sedimentos.

Ch. Lyell suscribió estos mismos principios explicativos, como indica el título de su obra principal: "Principios de la geología por medio de los cuales se intentan explicar los anteriores cambios de la superficie terrestre según causas hoy día en acción" (1830-1833), la primera historia científica de la evolución del planeta.

El desarrollo moderno de la geología parte de la aceptación general de las teorías de Lyell en la segunda mitad del siglo XIX y se centra en torno a algunas cuestiones importantes:

Las diversas teorías sobre la formación de las montañas.

El estudio de las formas del terreno y sus cambios, iniciado ya en el siglo XVIII por Guettard.

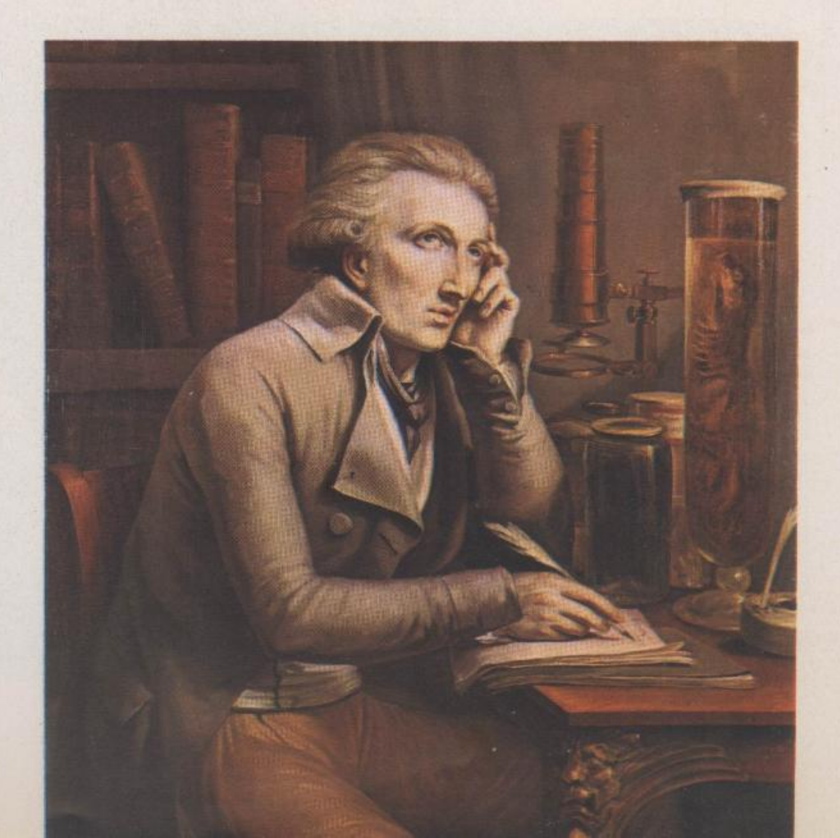
La creación de servicios geológicos nacionales en todos los países, encargados de confeccionar mapas geológicos.

1815	W. Smith, "Mapa geológico de Inglaterra, País de Gales y parte de Escocia".
1815	Griffith, "Mapa geológico de Irlanda".
1826-1832	L. von Buch, "Mapa geológico de Alemania".
1847-1873	E. de Beaumont, "Mapa geológico de Francia".
1856	Murchison y J. Nicol, "Mapa geológico de Europa".

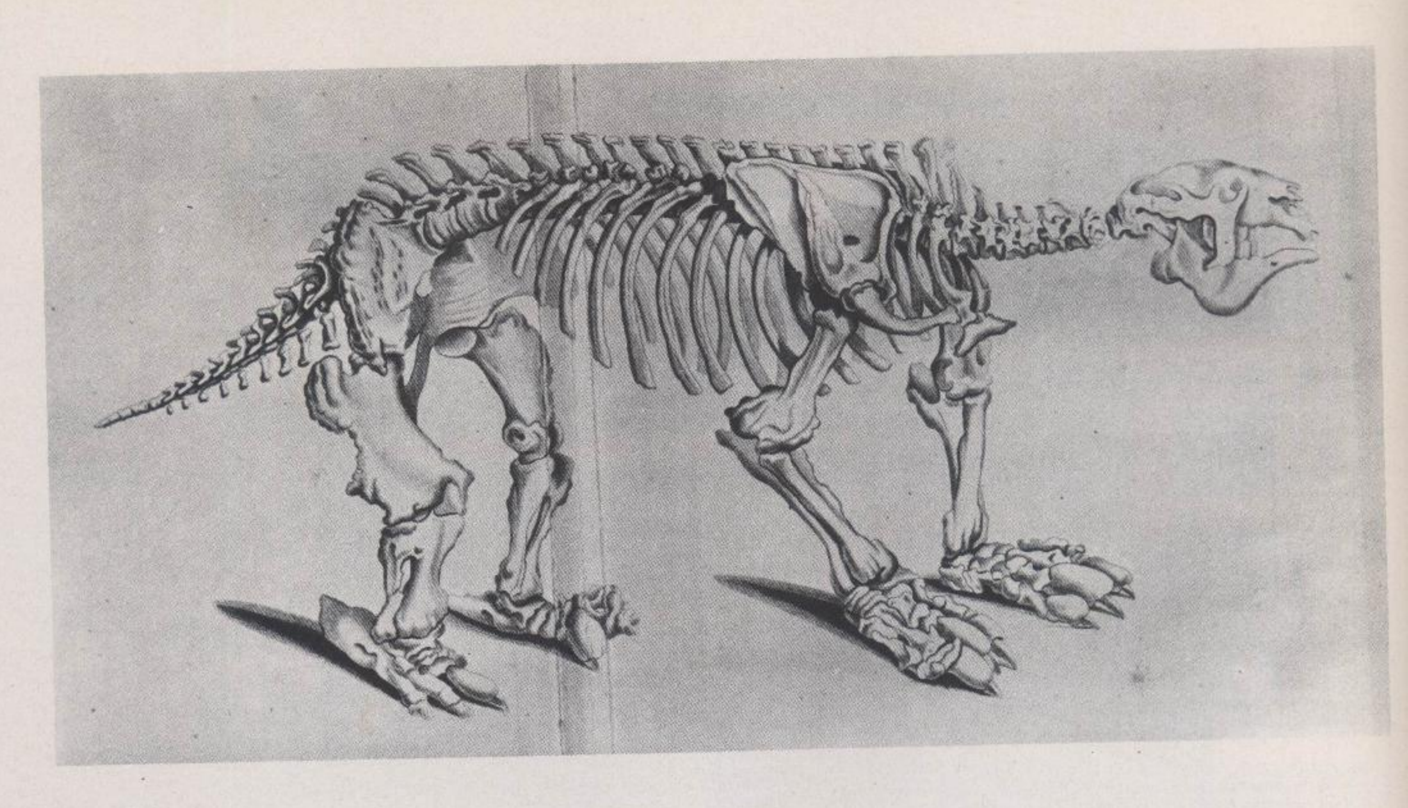
libro con sus observaciones: *Voyage of the Beagle*.

A esta expedición científica, honra de la marina inglesa, siguieron la del buque *Rattlesnake* a los mares australianos, llevando como médico adscrito a Th. Huxley, campeón de las ideas de Darwin acerca de la evolución, y la del *Challenger*, que debía navegar muchos años por el Atlántico y el Pacífico para recoger "todos los datos posibles en materia de oceanografía, historia natural y cuanto pudiera creerse de interés científico a juicio de los navegantes".

Viajeros y exploradores empezaron a notar en la superficie del planeta señales de erosión y levantamientos que revelaban gran antigüedad. La doctrina tradicional de la formación de la Tierra parecía estar también en desacuerdo con la presencia de fósiles de animales en terrenos antiquísimos. Los filósofos griegos se habían ya preocupado de los



Georges Cuvier, por Van Bahe (Museo de Historia Natural, París). Este naturalista francés, considerado como uno de los fundadores de la anatomía comparada, estableció además las bases de la paleontología.



Megaterio y ciervo gigante, dibujos que ilustran la obra de Cuvier "Discours sur les révolutions du globe", publicado en París en 1840 en su octava edición (Biblioteca Central, Barcelona).

fósiles, pero no habían sabido encontrar más explicación de su existencia en el seno de las rocas sino que la Naturaleza tiende a producir formas y que cuando no puede crearlas vivas y animadas, las forma de piedra inerte. Consideraban los fósiles como *ludus naturae* (bromas de la naturaleza) y resultado de una *vis plastica* (energía o voluntad plástica) del mundo. En la Edad Media los fósiles se creyeron tretas del diablo, que intentaba imitar la obra del Creador. Bernard Palissy fue el primero que reconoció en los fósiles reliquias de animales y plantas petrificados, y en el siglo XVIII se empezaron a coleccionar como tales. A principios del siglo XIX, en pleno período romántico de la ciencia, Georges Cuvier intentó la reconstrucción de animales desaparecidos, *antediluvianos,* con los restos de fósiles y huesos que se descubrían en los alrededores de París. Para explicar la desaparición de estas faunas que habían poblado antes el planeta propuso una serie de "catástrofes". Era evidente que se necesitaba más de un diluvio para tantas capas de fósiles sumergidos en los terrenos, pero creía que después de cada catástrofe algunos seres vivos que habían escapado a la destrucción en islas u oasis se extendieron de nuevo sobre la tierra seca.

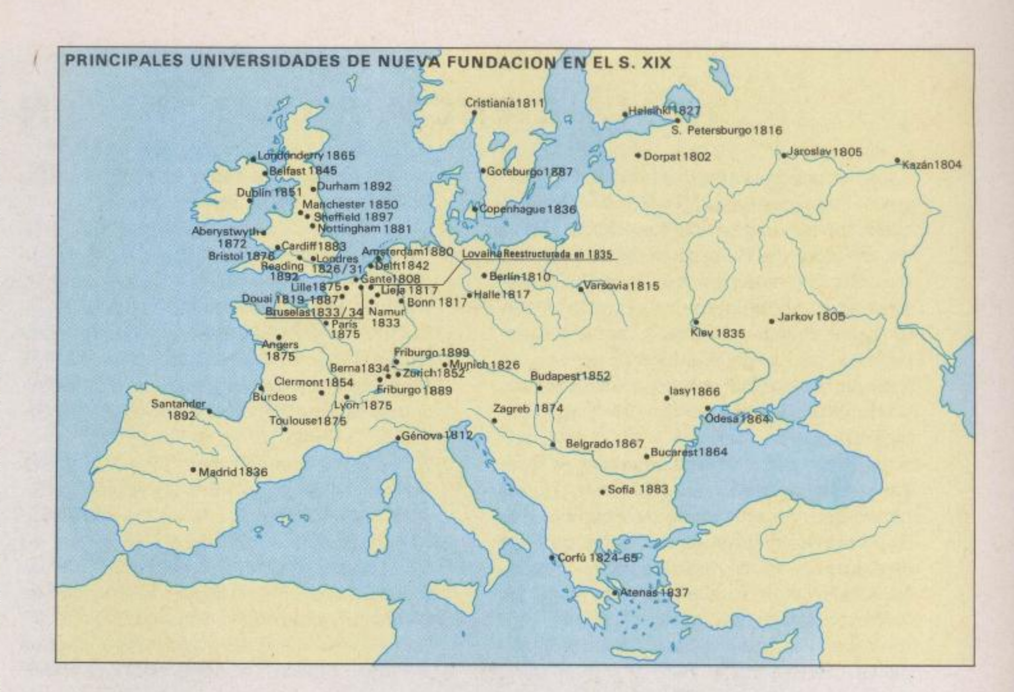


Cuvier sólo conocía las montañas del macizo central francés y los Alpes, que se prestan a esta interpretación; más adelante, cuando la geología se convirtió en una ciencia, no se pudo sostener la tesis de las catástrofes y hubo necesidad de explicarlo por largos períodos de enfriamiento.

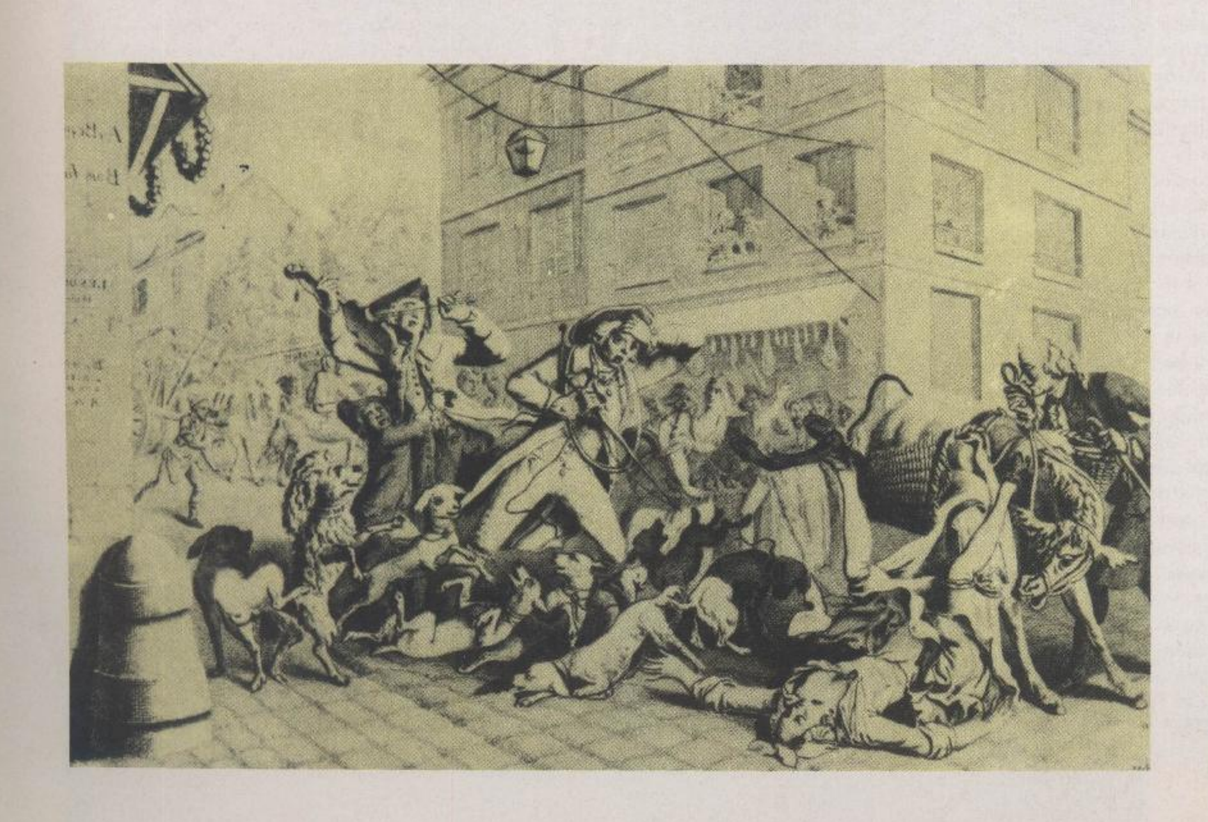
La sistematización científica de los conocimientos geológicos había comenzado ya en el siglo XVIII con la obra del escocés Hutton, *Teoría de la Tierra.* Según Hutton, muchas de las actuales rocas derivan de otras más antiguas por erosión del viento y de las aguas. Este proceso de destrucción y sedimentación continúa todavía; no hay, pues, necesidad de proponer fenómenos catastróficos para explicar lo que ocurrió en otras edades. Hutton era sólo un aficionado a ob-

servar los terrenos como tantos otros, pero sus ideas geniales fueron la directiva de los estudios metódicos de Charles Lyell. Este era ya un graduado de Oxford, que pudo viajar y compilar bastantes datos para sus *Principios de Geología*. Lyell desterró de sus *Principios* todo cuanto era fantasía y superstición, y trató de explicar lo remoto por lo presente, lo que ocurrió en anteriores períodos geológicos por lo que ocurre ahora en la Tierra. Posteriormente Lapparent, D'Orbigny y otros continuaron los estudios de estratigrafía de las diferentes capas de terrenos, dividiendo la historia del planeta en cuatro períodos: primario, secundario, terciario y cuaternario. Cada uno de éstos se subdivide en otros períodos, a los que se dieron nombres derivados de los lugares donde aquel terreno se manifiesta más francamente, como el jurásico, que recibe su apelación del Jura.

Mientras tanto se hacían esfuerzos para averiguar algo del fenómeno más sensacional que se manifiesta sobre la corteza terrestre, o sea la vida. Empecemos por las teorías generales. Linneo, a fines del siglo XVIII, consideraba el universo creado definitivamente por Dios para que le honre y glorifique. Pero expresa su fe o su duda diciendo que el Señor del universo "puede llamarse Destino o Fatalidad, porque todo depende de su decisión; puede llamarse Naturaleza, porque todo emana de El; puede llamarse Providencia, porque todo ocurre según su voluntad". La vida, según Linneo, se mantiene por la respiración con auxilio de un *fluido vital*.



Buffon, "jardinero del rey" o director del Jardín de Plantas de París, trató también en el siglo XVIII de ser más preciso que Linneo. Influido por Voltaire, se resiste a creer que el origen de la vida sea un acto particular de la creación; la vida, dice, no es una cualidad metafísica de las criaturas vivientes, sino un fenómeno físico de la materia. Para explicar las diferentes formas que toman los seres vivos, Buffon presupone una serie de "moldes internos", inherentes a la Naturaleza y que la obligan a organizarse según dichos moldes. Qué son y por qué son estos moldes in-



El magnetismo en acción, caricatura francesa contra el mesmerismo.

LA CIENCIA ROMANTICA EN ESPAÑA

Los descubrimientos científicos del siglo de las luces llegaron a España con notable retraso, siguiendo en esto la tónica de lo ocurrido durante la época de los Austrias. Sin embargo, ese retraso fue aminorándose paulatinamente: España, abierta hacia Francia, fue asimilando las corrientes de pensamiento imperantes en esta última nación y, a través de ella, conoció la producción de los principales sabios europeos.

El parentesco lingüístico entre el francés y el castellano facilitó mucho esta receptividad. En el reinado de Felipe V, Félix Palacios traduce el curso de química de Lémery (1675), que equivale a la introducción de la nueva química; en 1735, los oficiales de marina Jorge Juan y Antonio de Ulloa acompañan a la expedición de La Condamine al Perú y toman parte en los trabajos de medición de un grado de meridiano. Los resultados obtenidos probaron que la Tierra está aplastada por los polos, tal y como exigía la teoría de Newton. A su regreso publicaron el libro *Relación histórica del viaje a la América meridional* (Madrid, 1748), que puede considerarse como uno de los primeros, si no el primero, de los signos del renacimiento intelectual español.

El reinado de Fernando VI (1746-1759) es el punto de arranque del resurgir científico, que estuvo a punto de conseguir la incorporación intelectual de España a Europa: se acortan rápidamente distancias. En un momento de internacionalismo de las ciencias, de libre mercado de "cerebros" como diríamos hoy, España se transformó, al igual que Rusia, en uno de los mejores mecenas de los científicos y capta a cuantos puede: Bowles, Proust, Herrgen, Storr y, aunque fracasa al querer importar a Linneo y Lagrange, consigue, en cambio, incorporarse al movimiento matemático y botánico gracias a los estudiantes españoles que amplían estudios en París. Y de regreso a la patria se ven protegidos por el gobierno ilustrado, que frena, si es necesario, las impaciencias y suspicacias de los tradicionalistas, que aún sueñan en una Inquisición al "viejo estilo" de la época de Felipe II. Y si los introductores de las nuevas corrientes científicas caen en manos de la Inquisición (fueron bastantes los que se hicieron sospechosos), se procura que las molestias que se les inflijan sean mínimas.

La época de Fernando VI representó para España la introducción del cálculo infinitesimal, en el cual descollaron Jorge Juan, Vimercati (italiano, profesor de la Escuela de Artillería de Segovia y más tarde de la de Guardias Marinas) y Bails, autor de una enciclopedia de matemáticas que, si bien sigue fielmente el modelo francés, tiene ya un nivel digno para la época en que se escribe; además es en su reinado cuando se fundan el Real Gabinete de Historia Natural (1752) y el observatorio de marina de Cádiz (1754), trasladado en 1798 a San Fernando.

Así, a fines de siglo y principios del siguiente, el XIX, España se ha incorporado ya, y en ciertos casos se ha puesto a la vanguardia, al movimiento creador de la Europa coetánea. Baste pensar, en este último aspecto, que españoles fueron los descubridores de tres nuevos elementos químicos: el platino, el tungsteno y el vanadio.

El platino aparece descrito por primera vez por Ulloa en el libro antes ya citado. Dice haberlo encontrado en las arenas de Río Pinto (Colombia) en 1736 y que es "una piedra de tanta resistencia que no es fácil romperla ni desmenuzarla con la fuerza del golpe sobre el yunque de acero". Existen —es evidente— algunas alusiones anteriores, de tipo popular, sobre este metal, pero ninguna es tan correcta y exacta. Las propiedades del mismo fueron estudiadas primero por Watson (1750) y luego, en el laboratorio de Vergara, por Chavenneau (1786).

En este mismo laboratorio hicieron sus experimentos dos pensionados del gobierno español tras sus estudios en la escuela de minas de Freiberg (Sajonia), y en Suecia, los hermanos Elhuyar. Si el descubrimiento del platino puede considerarse como resultado de la observación más que de un esfuerzo continuado y eficaz por parte de Ulloa, no ocurre lo mismo con el tungsteno o volframio.

Juan José de Elhuyar (1754-1796) había oído hablar a sus maestros suecos, Scheele y Bergman, de la posible existencia de un nuevo cuerpo. Llegado a España, y gracias al maravilloso utillaje del laboratorio de Vergara, que, según testimonios de extranjeros dignos de crédito, era el mejor de la Europa de la época, pudo conseguir aislar el nuevo metal. En cambio, el vanadio se obtuvo en México por Andrés Manuel del Río (1765-1849), quien estudió en Freiberg, Chemnitz —en donde fue condiscípulo del barón de Humboldt— y París, ciudad en la que trabajó con Lavoisier. Luego pasó a engrosar el profesorado del Seminario de Minería de México, dirigido por Fausto de Elhuyar (1755-1835). Por razones del cargo recorrió el territorio mexicano y en el plomo pardo de Zinopán descubrió (1801) el vanadio, que él llamó pancromo y eritronio; el nombre actual procede de Berzelius.

Este desarrollo tan brillante de la minería y de la incipiente geología quedó truncado bruscamente, pero no de un modo tan dramático como el de las restantes ciencias, gracias a que Fausto de Elhuyar, de regreso en España (1821), alcanzó altos cargos administrativos que le permitieron influir eficazmente en la política cultural de su departamento, continuar en conexión con Europa y formar buenos discípulos —como Ezquerra del Bayo— que ampliaron estudios en diversos países y consiguieron poner en marcha la gran obra del mapa geológico de España y mantener un nexo de unión con la geología y minería españolas del siglo XVIII.

Los orígenes de la botánica hay que buscarlos en los trabajos de la familia barcelonesa Salvador (1641-1761), del médico de los ejércitos de Felipe V y Fernando VI, Quer (1695-1764), en los trabajos del sueco Loefling (1729-1756), enviado por Linneo a España al no aceptar éste la invitación de Fernando VI de instalarse en nuestro país. Los trabajos de Gómez Ortega (1740-1810) y de Cavanilles (1745-1804), ya en los reinados de Carlos III y Carlos IV, nos presentan una botánica que en nada desmerece de la mejor de entonces. Es ahora cuando se emprenden las grandes expediciones destinadas a inventariar las riquezas naturales de la América hispana: así, José Celestino Mutis (1732-1808) dirigió la confección de la *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada* y descubrió o estudió el té de Bogotá, el guaco, la ipecacuana y varias especies de quina; el colombiano criollo Francisco José de Caldas (1768-1816) inventó un hipsómetro mucho más exacto que los conocidos en la Europa contemporánea; Antonio Pineda y Luis Nee tomaron parte en la expedición de Malaspina (1789-1794) por el Pacífico; Martín Sessé recorrió, de 1795 a 1804, el virreinato de Nueva España, etc.

En otro sentido no puede dejar de mencionarse a dos ilustres catalanes, Antonio de Martí i Franqués, también conocido como Martí d'Ardenya (1750-1832), y Francisco Salvá y Campillo (1751-1828). Al primero se debe la determinación de la proporción exacta de los dos "aires" principales que componen nuestra atmósfera, determinando (1790) que el oxígeno está en proporción comprendida entre el 21 % y el 22 %. En todos sus estudios demuestra estar al día de los métodos de trabajo y resultados obtenidos por los principales científicos de la época (Priestly, Cavendish) y conoce bien la obra de Lavoisier, al que admira, sigue y en determinados lugares completa. A él se debe un artificio para poder reducir sus observaciones a las condiciones normales de presión y temperatura, que constituye un precedente de la bureta normal de Hempel. Su labor quedó truncada por la guerra de la Independencia; su casa fue saqueada y los últimos años de su vida transcurrieron en experimentos centrados en torno a la generación espontánea que no condujeron a ningún resultado. Amigos suyos, y discípulos en parte, fueron personajes que destacaron luego en botánica [Mariano de la Paz Graells (1808-1898)] y física [Juan Agell (1809-1868)].

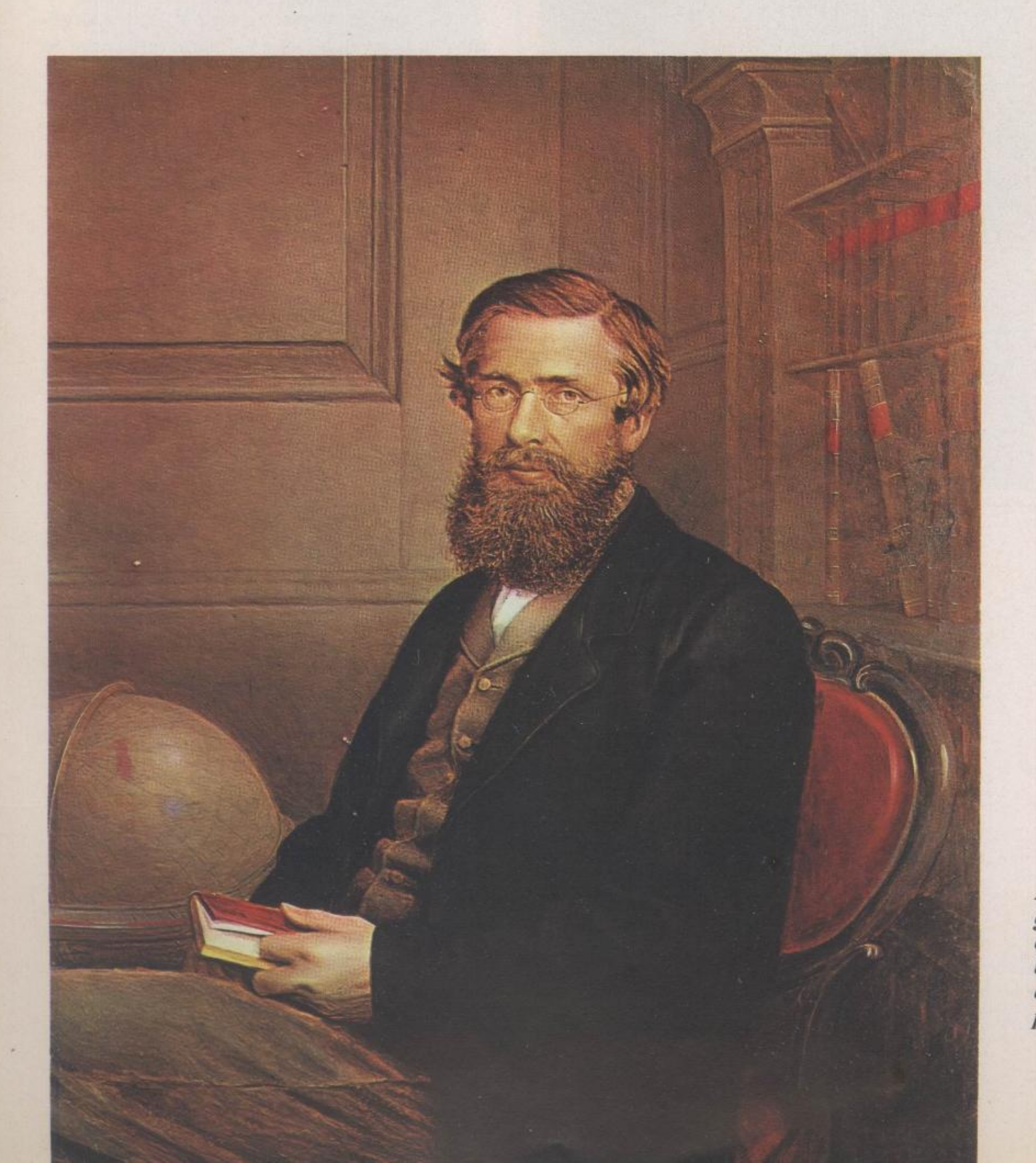
A Salvá se deben los primeros experimentos hechos en España para aplicar la electricidad a la telegrafía (1793) y que, según nos informa la *Gaceta* de Madrid

del 29 de noviembre de 1796, tuvo un éxito completo: "El Excmo. Sr. Príncipe de la Paz, que por todos los medios desea fomentar los progresos de la ciencia útiles en el reino, noticioso de que el Dr. D. Francisco Salvá había leído a la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona una Memoria sobre la aplicación de la electricidad a la telegrafía, y presentando al mismo tiempo un telégrafo eléctrico de su invención, quiso examinarlo por sí mismo, y satisfecho de la sencillez y prontitud con que se habla con él, proporcionó al inventor la honra de hacerlo ver a los Reyes nuestros Señores. Al día siguiente, y en presencia de S.S.M.M., el mismo Señor Príncipe hizo manifestar al telégrafo las palabras que juzgó oportunas, con mucha satisfacción de las Reales Personas. Pocos días después este telégrafo pasó al cuarto del Serenísimo Señor Infante Don Antonio, y S.A. se propuso hacer otro más completo y averiguar la fuerza de electricidad que se necesita para hablar con dicho telégrafo a varias distancias que sea, ya por tierra, ya por mar: a este fin ha mandado S.A. construir una máquina eléctrica, cuyo disco tiene más de 40 pulgadas de diámetro, con los demás aparatos correspondientes, y con ella ha resuelto emprender S.A. experimentos útiles y curiosos que le ha propuesto el mismo Dr. Salvá, de los que a su tiempo se dará noticia al público".

Todo este movimiento queda truncado por la invasión francesa y la restauración fernandina, con la persecución de los ilustrados afrancesados y liberales, que eran, en definitiva, quienes habían introducido la ciencia europea en España.

Sólo cuando queda asentada definitivamente en el trono Isabel II, y cuando se han perdido cincuenta años, se inicia de nuevo tímidamente la incorporación de España a la ciencia contemporánea siguiendo una política similar a la empleada por los gobiernos ilustrados; así, se funda la Real Academia de Ciencias y gran número de instituciones, muchas de las cuales aún perduran. La revolución de 1868 hizo el resto, permitiendo la introducción de ideas que no se consideraban excesivamente ortodoxas, como son las teorías de la evolución de las especies, de la pluralidad de los mundos habitados, etc. Desde este momento la ciencia occidental no ha dejado de ir fluyendo en nuestro país, y ciñéndonos al campo de la matemática baste con citar a Echegaray, quien introdujo la geometría de Charles y el cálculo de variaciones; Eduardo Torroja, la geometría de Staudt; Reyes Prosper, las geometrías no euclídeas; García de Galdeano, la teoría de funciones de variable compleja de Cauchy, etc.

J. V.

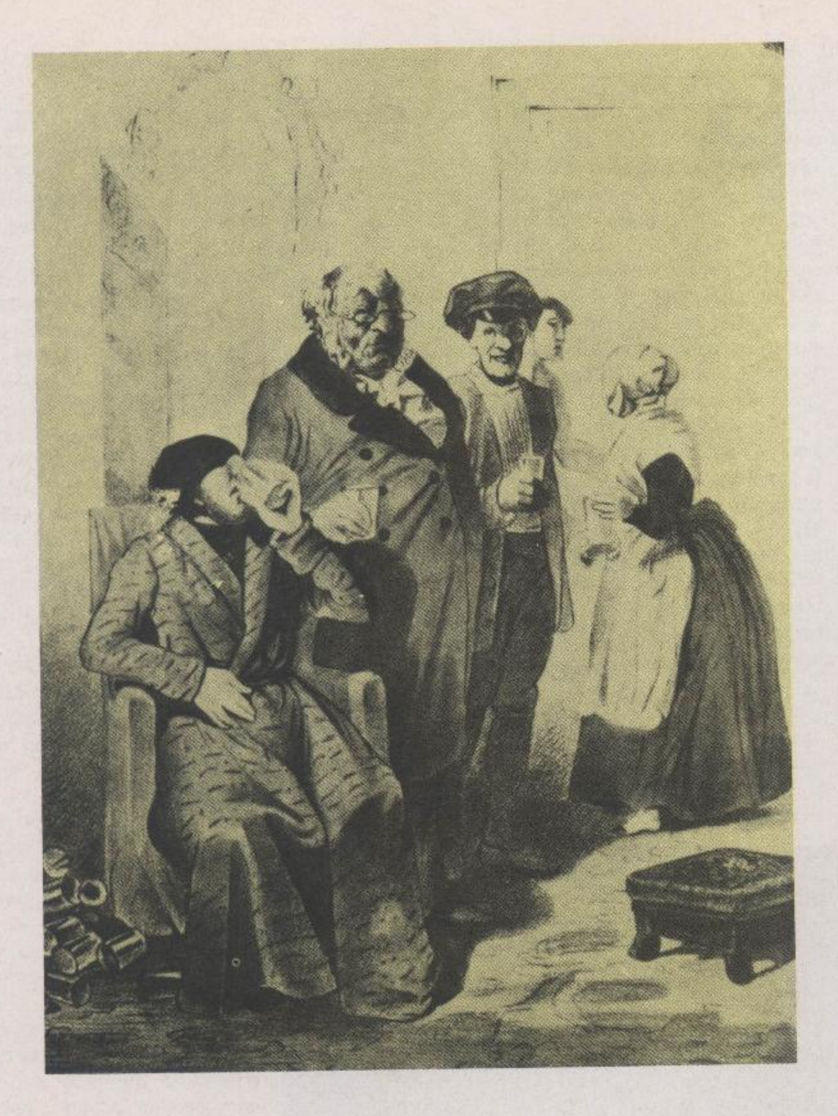


A. R. Wallace, naturalista inglés que, casi al mismo tiempo que Darwin, también propuso la evolución para explicar la aparición de las nuevas especies.

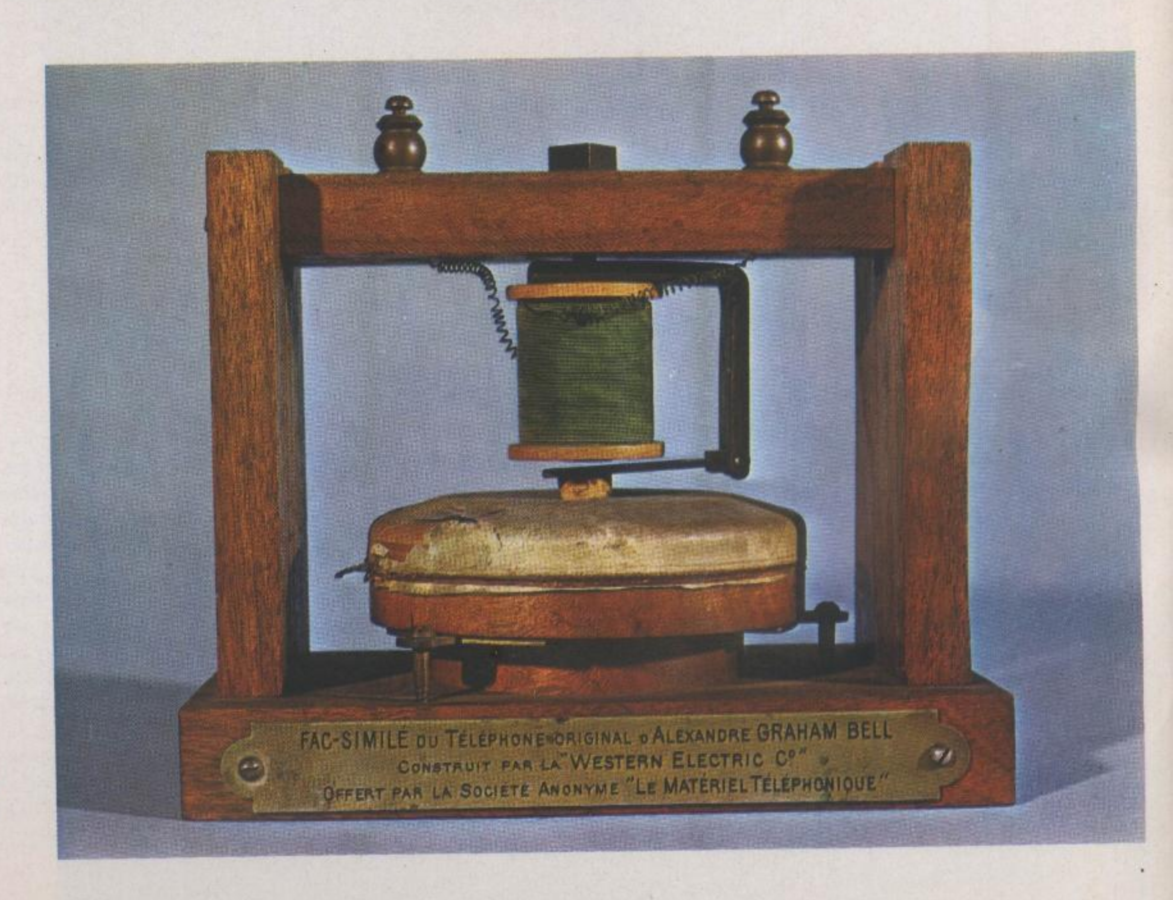
ternos, ni siquiera trata de explicarlos Buffon; queda más vago todavía que la causa primera aceptada por Linneo.

No continuaremos con las hipótesis acerca del origen de la vida expuestas por los filósofos naturalistas románticos, porque la mayoría eran puros panteístas. Más original es el concepto de Erasmus Darwin, muerto en 1820, abuelo del evolucionista, también naturalista, que concebía la vida originada por la propiedad de "irritarse" de ciertas fibras que son la sustancia básica de todos los cuerpos animados. Pero al comenzar el siglo XIX, como no podía menos, la vida se hizo depender de un fluido, una especie de fuego, que Lamarck llama fuego etéreo. Se transmite por la fecundación del embrión y produce lo que se llama *orgasmo vital,* fenómeno que mantiene las moléculas del cuerpo vivo en estado de tensión, asignándoles lugar y servicio en cada órgano. La sangre, sigue explicando Lamarck, secreta el fuego etéreo y lo distribuye por el cuerpo mediante el sistema nervioso.

Los primeros trabajos de química orgánica habían manifestado claramente que la materia viva se componía de las mismas sustancias que encontrábamos en los minerales. Esto animó a Berzelius a regresar al concepto de Buffon desechando todo agente extraordinario para explicar la vida. "Debe de ser una consecuencia necesaria de la combinación de los elementos inorgánicos cuando es-



Caricatura francesa contra el furor por la hidroterapia, sistema de curación de algunas enfermedades que alcanzó gran predicamento en aquella época.



Reconstrucción del teléfono de Graham Bell (Conservatoire d'Arts et Métiers, París).

LA OBRA PALEONTOLOGICA DE G. CUVIER

Durante los siglos XVII y XVIII, los hallazgos de restos de grandes vertebrados fósiles se repiten con cierta frecuencia. En la mayoría de los casos, se les considera testimonios de la existencia de especies de animales gigantes que, según la leyenda, poblaron la Tierra en los tiempos primitivos. Buffon, en 1778, adelanta una interpretación correcta de tales descubrimientos: no son sino huesos de animales desaparecidos, sin equivalente en el mundo actual. En 1787, Camper formula por primera vez una teoría que tendrá gran éxito: ciertas especies animales han sido destruidas por las revoluciones y cambios violentos que han sacudido la corteza terrestre desde la creación.

De acuerdo con las ideas de Buffon y Camper y sobre sus sólidos conocimientos de anatomía comparada fundamentará Cuvier una nueva ciencia: la paleontología o estudio de los fósiles.

De sus estudios de anatomía comparada ha deducido Cuvier un principio general de los organismos vivientes, la correlación de las formas, que él mismo expone así: "Todo ser organizado forma un conjunto único y autónomo, cuyas partes se corresponden entre sí y se influyen recíprocamente, colaborando todas a un mismo objeto. Ninguna de ellas puede cambiar sin que resulten alteradas al mismo tiempo las demás y, por tanto, conocida una de ellas, pueden deducirse sin dificultad todas las demás. Si los intestinos de un animal están hechos sólo para digerir carne, es necesario que sus molares puedan devorar la presa, que sus garras puedan retenerla y sus dientes desgarrarla, que todos sus órganos del movimiento estén prestos para la caza y el acecho, para percibirla sus sentidos, y que halla lugar en su cerebro para un instinto poderoso que le enseñe a esconderse y tender trampas a sus víctimas. Éstas son las condiciones generales del sistema carnívoro. Todas estas condiciones deben estar rigurosamente coordinadas entre ellas, porque si una de ellas falta, el organismo no puede funcionar ni el animal subsistir".

Los trabajos paleontológicos de Cuvier se inician en 1793 y su primer objetivo será la reconstrucción del esqueleto completo del mayor número de especies de mamíferos fósiles a partir de los fragmentos o partes de osamenta encontrados en cuevas y excavaciones.

Compara luego con la especie actual los esqueletos obtenidos de las especies fósiles.

De lo que deducirá que faunas distintas se han sucedido sobre la Tierra.

Establece una relación constante entre ciertas especies fósiles y determinados estratos de la corteza terrestre.

Propone para este fenómeno una doble explicación a la vez geológica y paleontológica: la discontinuidad entre los estratos demuestra la acción de violentas sacudidas de la superficie terrestre, que acarrearían la desaparición repetida de toda fauna viviente.

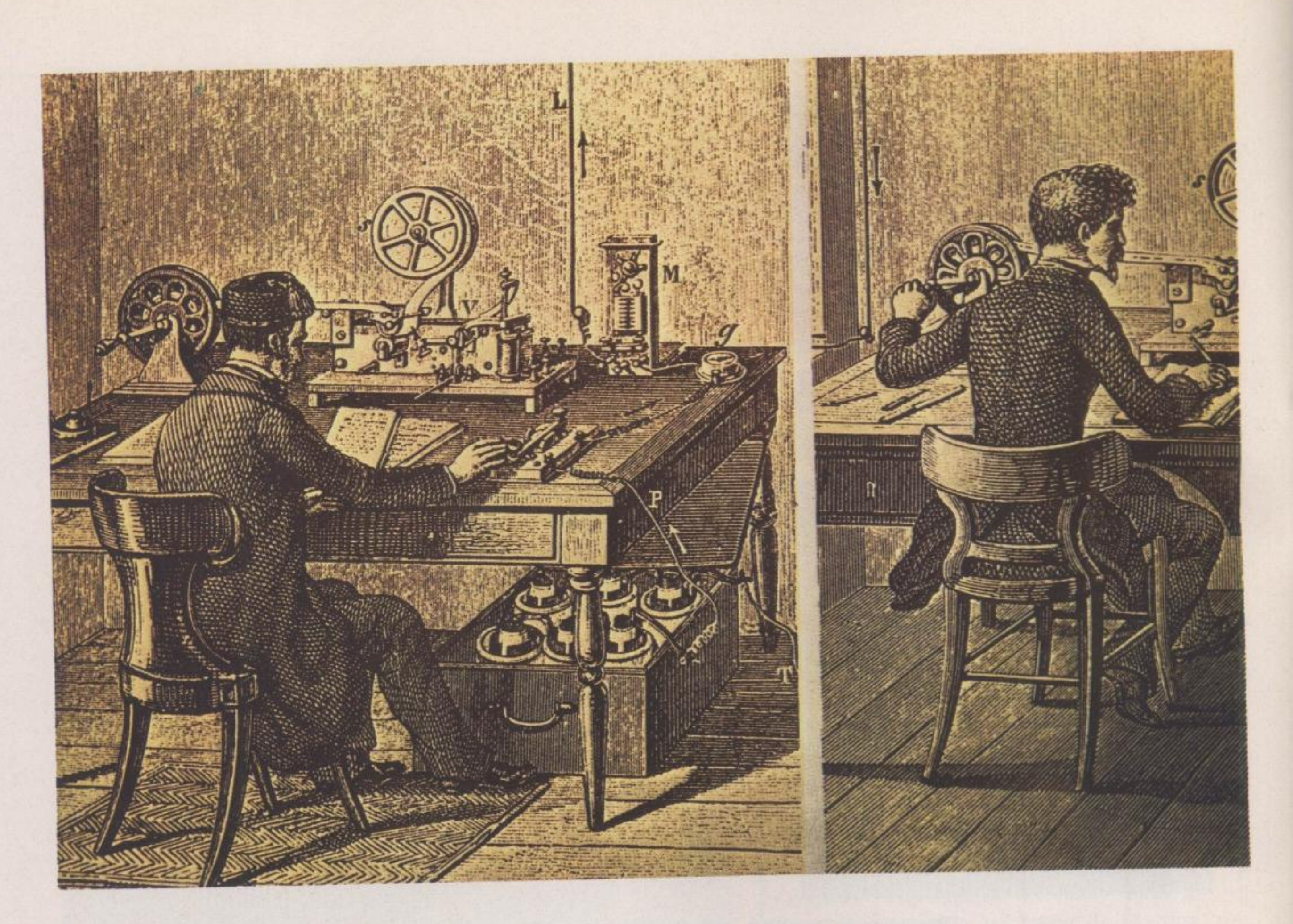
Es decir, para Cuvier está demostrado por la geología la existencia de faunas distintas y sucesivas, pero también la no relación entre ellas. Esta conclusión plantea inmediatamente el problema de la aparición de cada una de las sucesivas faunas que los discípulos de Cuvier, si no él mismo, intentarán resolver, postulando la necesidad de varias creaciones sucesivas. El relato bíblico quedaba desbordado por los mismos que creían necesario salvar su verdad científica.

La no relación entre las distintas faunas supone en Cuvier una negativa absoluta de cualquier transformismo o evolucionismo. En la Academia de Ciencias de París, Cuvier será el adversario decidido de las teorías de Saint-Hilaire y Lamarck. En polémica con ellos, acuñará el argumento clásico de los antievolucionistas: la evolución no ha sido probada experimentalmente, pues no se han encontrado los eslabones intermedios entre el animal fósil y el actual.

tán dispuestos como en los cuerpos vivos..." "Aunque no parezca razonable..., sin embargo, nuestro juicio, nuestra memoria, nuestras reflexiones, lo mismo que los mecanismos del cerebro, del abdomen, de los pulmones, son puramente resultados de combinaciones químicas de un tipo superior a las que forma normalmente la materia inorgánica."

A principios del siglo XIX se había ya perfeccionado el microscopio hasta el punto de distinguir el núcleo de la célula. Blainville fue el primero que declaró, con una confianza que todavía influye en nuestros juicios, que la célula es el elemento esencial de la vida. Las moléculas, absorbidas y expelidas por las células, forman como una especie de torrente circulatorio; el cuerpo orgánico es un gran crisol donde se transforma la materia. El impulso que produce esta composición y descomposición no lo declara Blainville.

Pero la mayor contribución a la biología moderna de esta época romántica fue el progreso de la ciencia que hoy llamamos anatomía comparada. No era enteramente nueva, ya que Aristóteles y Galeno se habían fijado en las semejanzas y discrepancias de los órganos de los animales. En el siglo XVIII investigadores como Hutton, Buffon y Daubenton habían hecho de la comparación de los órganos de los seres vivos un estudio especial.



Instalación telegráfica de tipo morse de hacia 1854. Morse inventó un sistema de transmisión en que las letras del alfabeto se sustituían por impulsos eléctricos representados por puntos y rayas.

En 1805 Cuvier publicó unas *Leçons sur l'anatomie comparée,* en las que con sobriedad y elegancia francesa puntualiza la mayoría de los casos de analogía y diferenciación en los órganos de los animales estudiados hasta entonces desde aquel punto de vista. Cuvier no va más allá de fijar datos; sólo añade una teoría algo peligrosa de correlación: "Si un órgano cambia por alguna causa exterior, de casi todos los otros puede predecirse en qué sentido cambiarán". Por lo tanto, si un animal de tipo herbívoro se convierte en carnívoro, no sólo cambian sus dientes, sino que aparecen las garras para capturar la presa; el aparato digestivo y las secreciones, los órganos de la vista y del olfato han de cambiar correlativamente. Hoy se ha probado que no es exacta esta teoría de la correlación, que parece tan sensata. El elefante, por ejemplo, tiene grandes dientes y, sin embargo, no mastica las hojas que engulle.

Los verdaderos fundadores de la moderna anatomía comparada, ya en pleno siglo XIX, fueron Geoffroy Saint-Hilaire y Vicq d'Azyr. Ambos creyeron encontrar tales pruebas de progreso continuado en la serie de los órganos de las diferentes especies zoológicas, que permitían asegurar que cada especie derivaba de otras anteriores, y todas de materia orgánica casi amorfa, o protoplasma. Esta idea pareció reforzarse con el estudio de los embriones; todos empezaban siendo casi idénticos, poco a poco se iban complicando con más elementos y en los animales llamados superiores los órganos conseguían con el tiempo su máxima complicación.

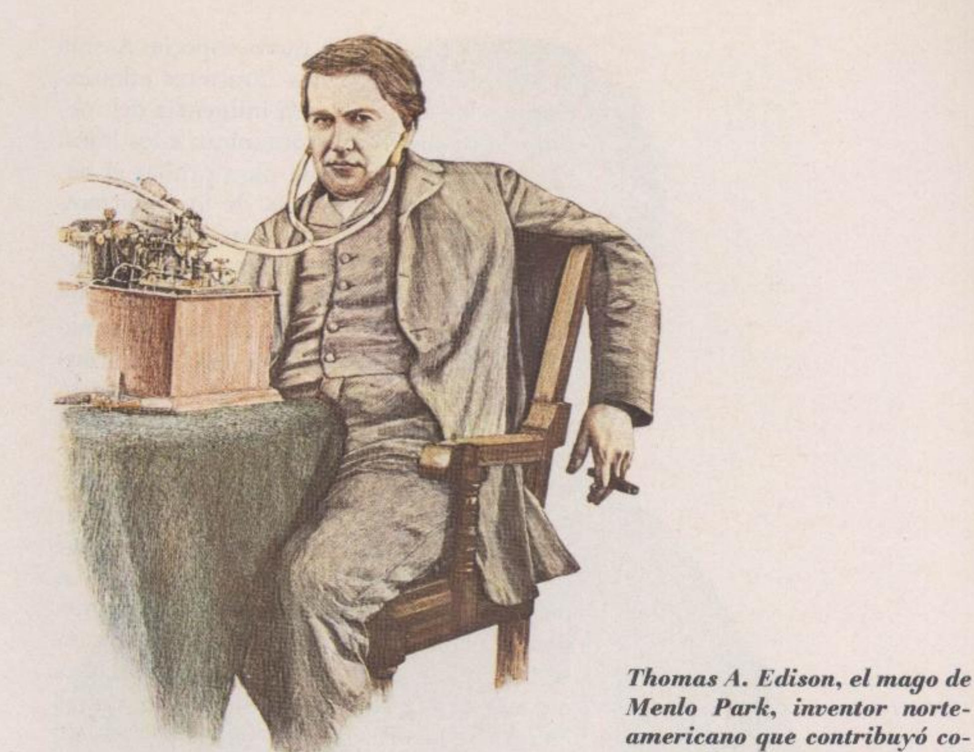
Lamarck, profesor de zoología en París, trató de explicar los cambios por una teoría que llamó *transformismo.* Se basaba en cuatro leyes que él creía esenciales de la materia orgánica: la vida tiende a aumentar hasta un cierto límite que está en la naturaleza de cada ser; los órganos cambian según las necesidades; nuevos órganos se desarrollan si es necesario, y, finalmente, los cambios ocurridos en los organismos padres, según las tres leyes anteriores, se transmiten a su descendencia. He aquí el ejemplo clásico: las jirafas tienen el cuello largo porque poco a poco han tenido que comer hojas de ramas cada vez más altas.

La segunda explicación de los cambios que se notaban en los organismos según los trabajos de anatomía comparada es la famosa teoría de la *evolución,* mucho más aceptable que el transformismo, hoy desacreditado, de Lamarck.

La obra en la que Darwin trató de explicar

las causas de la gradual evolución de los órganos hasta formar especies diferentes tiene por título: *Origen de las especies por medio de la natural selección, o sea preservando las razas favorecidas en la lucha por la existencia.* Este largo título, generalmente reducido a su primera parte, *Origen de las especies,* concentra la teoría de Darwin. El factor esencial para producir el cambio de una especie en otra es la lucha por la existencia, con el triunfo del más fuerte. Resumiendo, las razones de Darwin son como sigue: primero, el medio ambiente puede influir en la forma de un animal; la abundancia de comida hará desarrollar una especie enana, y viceversa. Segundo, la costumbre cambia también la forma; el pato doméstico olvida el vuelo, los perros tienen las orejas caídas porque viven en la domesticidad. Darwin dice que el hombre produce estos cambios a menudo voluntariamente en los animales y plantas. Pero la tercera y capital causa de evolución es la lucha por la existencia. Los fuertes de una cría son generalmente los únicos que sobreviven en una familia numerosa. La destrucción de los débiles es absolutamente necesaria en la Naturaleza. Un par de elefantes, los animales que se reproducen más lentamente de todos los seres de la creación, se multiplican hasta formar, en 750 años, un rebaño de diecinueve millones de individuos. Casi contemporáneamente a Darwin, Wallace proponía también el factor de la evolución para explicar la aparición de nuevas especies; era, pues, una hipótesis inevitable de la época. La vida, como todo en la época romántica, era un proceso trágico, fatal, inexorable, de evolución.

El resultado de la lucha por la existencia, según Darwin, es una selección natural que



Thomas A. Edison, el mago de Menlo Park, inventor norteamericano que contribuyó como nadie al progreso material humano (Biblioteca Nacional, París).



Fonógrafo de Edison (Museo de Ciencia y Técnica, Florencia), el sencillo principio de nuestros actuales equipos de alta fidelidad.

acaba por producir la nueva especie. Acepta la idea de Lamarck: los caracteres adquiridos por los padres con la influencia del medio y la costumbre se comunican a los hijos. Los ejemplos que añade para probar el hecho capital de la herencia de los caracteres adquiridos son casi ridículos; sospecha que los hijos de los obreros de las minas de carbón en Inglaterra tienen las manos grandes porque a sus padres se les hicieron las manos grandes con el trabajo. Mas para Darwin el factor capital de la evolución es siempre la selección. Se eliminan los individuos inferiores, y así de una manera natural –inconsciente– se produce la especie superior. Sin embargo, hay fenómenos tan raros que parecen resultado de un esfuerzo inteligente de la vida para salvar especies amenazadas de destrucción. Así, por ejemplo, el mimetismo, o propiedad que tienen algunos insectos de cambiar de aspecto, les sirve para esconderse o pasar inadvertidos, tomando el color y la forma de hojas secas; en el suelo se hace difícil para las aves el distinguirlos, pues se ocultan en la hojarasca con una mímica perfecta. Aves que anidan en lugares oscuros ponen huevos blancos; las que están en riesgo de que les roben sus huevos los ponen con cáscara oscura de apariencia engañosa. Hay mímica de sonidos y de colores.

El libro de Darwin causó escándalo superior al de Laplace. La Iglesia anglicana creyó que la doctrina de la evolución estaba en contradicción con la verdad revelada. Sin embargo, Huxley, Carlyle y, sobre todo, Herbert Spencer defendieron el darwinismo. En Francia la resistencia fue mayor; los discípulos de Cuvier: Quatrefages, Milne Edwards y De Beaumont se resistieron a aceptar las ideas evolucionistas. Darwin fue elegido miembro correspondiente de la Academia de París tras vivas controversias y aun en calidad de botánico. En Alemania la batalla en favor y en contra de la evolución dividió a los naturalistas en dos campos casi de la misma importancia. El darwinismo se asimiló al

LA POLEMICA SOBRE LA ANTIGÜEDAD DEL HOMBRE

Hasta finales del siglo XVIII, los textos bíblicos sobre la creación y los primeros tiempos de la humanidad se consideran científicamente exactos. Toda la raza humana primitiva, una población de gigantes según la tradición, ha sido destruida por el diluvio universal. La antigüedad de los hombres actuales, descendientes de Noé y su familia, se remonta al sexto milenio antes de Jesucristo. En tanto este esquema explicativo no es puesto en cuestión, los hallazgos de industrias líticas prehistóricas, junto a restos de animales fósiles e incluso restos humanos, son negados o tergiversados, y se ignoran u olvidan los primeros intentos por interpretar su significado al margen de la teología.

1797 J. Frere descubre una industria lítica asociada a restos de una fauna desconocida en Hoxne, cerca de Diss, y en Suffolk. En carta dirigida a la Sociedad de Anticuarios de Londres, de la que es miembro, afirma: "Si bien no son en sí mismos objetos de particular curiosidad..., creo que deben considerarse como tales, dada la situación en que se hallaron... Creo que son evidentemente armas de guerra, fabricadas y utilizadas por un pueblo que no había llegado al uso de los metales... La situación en que se hallaron estas armas pueden tentarnos a referirlas a un período muy remoto, incluso más allá del mundo actual". Impresa en la revista de la asociación "Archaelogia", la carta de Frere pasó desapercibida.

Durante los primeros cincuenta años del siglo XIX se suceden las excavaciones o descubrimientos de grutas, en las que restos humanos o de animales fósiles aparecen junto a objetos de piedra.
1823 A. Boué descubre cerca de Estrasburgo restos de mamíferos extinguidos y parte de un esqueleto humano. La antigüedad del esqueleto es negada por el gran paleontólogo Cuvier, para quien el hombre es posterior a toda fauna extinguida.
1829 P. C. Schmerling encuentra en las grutas de Engis y Engilhoul, cerca de Lieja, sílices tallados, huesos de animales fósiles y osamentas humanas, pero atribuye a cada clase de hallazgos una antigüedad distinta.
1839-1840 J. Mac Ennery considera contemporáneos los sílices y la fauna extinguida encontrados en la Kent's Caverne, en el Devonshire, pero renuncia a publicar su tesis ante la hostilidad de sus colegas.

Director de la Sociedad de Emulación, de Abbeville, Jacques Boucher de Perthes colecciona pedernales tallados recogidos a orillas del Somme. En 1838 expone en Abbeville y París algunos de los objetos hallados y publica el primer volumen de su obra "La Creación: ensayo sobre el origen de la progresión de los seres", donde afirma la contemporaneidad de las hachas talladas y el mamut y otras especies extinguidas. En 1847, su libro "Antigüedades célticas y antediluvianas" matiza su tesis, sin negarla. La población actual nada tiene que ver con la raza fósil cuya industria lítica ha sido descubierta. Fue aquélla la raza antediluviana de cuya completa destrucción nos hablan los libros sagrados.

El "annus mirabilis" de 1859.
1858-1859 W. Pengelly, en representación de la British Association, dirige nuevas excavaciones en la Kent's Caverne y en algunas cuevas vecinas y corrobora las conclusiones inéditas de Mac Ennery.
1859 Boucher de Perthes recibe el apoyo de Rigollot, paleontólogo de Amiens, que acepta su teoría sobre la antigüedad de los sílices del Somme. En la Academia de Ciencias de París se lee una memoria favorable por primera vez a las investigaciones de Boucher.
Tras un viaje a Abbeville, los sabios británicos Prestwich y J. Evans dan una conferencia en la Royal Society de Londres sobre los trabajos de Boucher y declaran probada la remota antigüedad de la raza humana.
El geólogo Ch. Lyell declara estar en condiciones de probar las conclusiones de Prestwich y Evans.

materialismo, se publicaron poesías, sermones, caricaturas, novelas, charadas, que ridiculizaban la evolución. Paralela a la teoría de evolución se lanzó la correspondiente teoría de degeneración. Si los individuos mejor seleccionados por la Naturaleza se mezclaban para producir un tipo superior, cuando por falta de estímulo del medio o de la costumbre se mezclaban individuos deficientes se producía un tipo inferior, el degenerado. La teoría se presentó en forma casi científica por Morel en 1857 en su *Traité des Dégénérescences.*

Las ideas de evolución y degeneración biológica influyeron en todas las ciencias. La fisiología, pedagogía e historia aprovecharon el concepto del cambio progresivo para explicar transformaciones en el lenguaje, en la psicología del niño, en los pueblos. En literatura fue moda presentar casos de evolución y degeneración; Zola, en la serie de novelas de los *Rougon-Macquart,* estudió los fenómenos de herencia, con caracteres adquiridos, en una familia entregada a excesos sexuales y a la bebida. La criminología, con Lombroso, trató casi de excusar a los criminales, como individuos degenerados. Tenían fisonomía con rasgos de acentuada animalidad, el cerebro pequeño, pocas circunvoluciones, cejas prominentes, gran maxilar y forma especial de los músculos de los oídos. Según Lombroso, el 40 por 100 de individuos en las cárceles presentan este tipo de degenerado peludo con tatuajes, poca sensibilidad a las heridas, sexo indefinido, y con frecuencia perezosos: en una palabra, el tipo regresivo hacia los monos antropoides.

Muchas teorías más o menos científicas, derivadas de la fundamental idea de evolución y degeneración, están hoy desacreditadas, pero en sociología contribuyó a formar la doctrina del moderno comunismo enunciado por Karl Marx en *Das Kapital...*

Del mismo modo que los poetas románticos invadían el campo de la ciencia, los hombres de ciencia de la primera mitad del siglo XIX estaban contagiados de romanticismo. Al principio se manifiesta en un interés creciente por el sonambulismo, mesmerismo, magnetismo, hipnotismo y los fenómenos eléctricos de polarización que hacen parecer los cuerpos naturales como dotados de sexo y pasiones. Se escriben libros de *Patología comparada de las ideas* (Hoffman, 1839), *Historia del alma* (Schubert, 1808-1850), *Aspecto nocturno de la ciencia.* La naturaleza y las causas de las enfermedades toman nombres fantásticos; se proponen como tratamiento la homeopatía, el vegetarianismo, y empieza el furor de la hidroterapia: Carlsbad, Wiesbaden, Ems y otros balnearios curan todas las dolencias.

Resumiendo: el romanticismo se percibe en los grandes hombres ya de la primera mitad del siglo XIX por la manía de fabricar hipótesis sin completa información. Lamarck y Geoffroy Saint-Hilaire son todavía románticos en sus teorías, aunque a veces parezcan ya positivistas por la manera de reunir los datos. Prueba de ello es la famosa querella de Cuvier y Geoffroy Saint-Hilaire. Ambos coincidían en que los tipos de animales de cada género tenían cierta analogía de plan; pero Geoffroy afirmaba que todos los animales tenían tanto de común, que podía decirse que no había animales diferentes. *Un seul fait les domine, c'est comme un seul être qui apparaît. Il est, il réside dans l'Animalité: être abstrait, qui est tangible par nos sens sous des figures diverses.* Esto es puro romanticismo, por lo menos es romántica la manera de enunciarlo. No es extraño que levantara protestas en un clasificador de la escuela de Linneo como era Cuvier y que alegrara a un romántico como Goethe. Para Goethe, la disputa Cuvier-Geoffroy tenía más importancia que la revolución de julio de 1830, que se consumaba simultáneamente.

El romanticismo se encuentra todavía en frases como ésta de Claude Bernard: "Cuando decimos que las grandes ideas nacen en el corazón, queremos decir que se originan de nuestros sentimientos, que tienen su ori-



Nicéphore Niepce, inventor de la fotografía.



Máquina fotográfica de Daguerre, firmada por su autor (Observatorio Fabra, Barcelona).

gen psicológico en los centros nerviosos y actúan sobre el corazón".

Con estos conceptos ya puede comprenderse que la práctica de la medicina tenía forzosamente que caer en aberraciones. Se continuó creyendo en los fluidos magnéticos, y se empleó el magnetismo y la cura de aguas con más confianza de la que merecían. En este caso, como ocurre ahora con las vitaminas y los extractos de hormonas, se extremó hasta llegar al borde del crimen. La caricatura de aquellos tiempos revela la maliciosa combinación de fraude y romanticismo de los métodos curativos. Sin embargo, precisamente en esta época de abusos y aberración se emplearon por primera vez los narcóticos para producir la anestesia en las operaciones quirúrgicas. Era de moda entonces el emplear drogas narcóticas para procurarse "paraísos artificiales": poetas y artistas hacían alarde de usarlas; ¿por qué no emplearlas para adormecer al enfermo cuando se necesitan intervenciones dolorosas? El primero en usar éter para anestesia en cirugía fue un dentista americano, Morton, en el año 1844. En 1846 se empleaba ya en el Hospital de Boston y en 1847 era de uso corriente en Edimburgo.

Epoca de fantasía y romanticismo, fue, sin embargo, de grandes inventos prácticos. El progreso lo consiguieron los inventores, no los investigadores ni los experimentadores. Algunos inventos fueron debidos a la pura casualidad. Morse, para inventar la clave telegráfica que todavía usamos, no tuvo que hacer experimentos preliminares. Se había pensado primeramente en enviar comunicaciones por electricidad valiéndose de un haz de hilos, uno para cada letra. Morse imaginó el empleo de una serie de grupos de corrientes largas y cortas, como puntos y rayas, que se podrían combinar haciendo veinticuatro combinaciones, una para cada letra del alfabeto. La invención del teléfono ya requirió más estudio, porque hubo que combinar un sistema de pequeños carbones que permiten o interrumpen el paso de la electricidad al ser movidos por la vibración de una membrana. Inventado por Graham Bell en 1876, el teléfono tardó en perfeccionarse; no se pudieron establecer comunicaciones telefónicas interurbanas hasta 1895.

Acaso nadie ha contribuido tanto al progreso material como Thomas A. Edison, y sin embargo fue el perfecto tipo del inventor ingenioso, autodidacto, sin estudios universitarios. Le llamaron el *mago* porque sus inventos tenían algo de mágico y sobrenatural. Le debemos el fonógrafo, la lámpara de filamento incandescente, el perfeccionamiento de la dínamo y un sinfín de aparatos de distribución y regulación de la electricidad que han abaratado la vida.

Pero ningún invento tiene el carácter tan

romántico de revelación casual como el de la vulcanización de la goma por Goodyear. El caucho es naturalmente flojo y tierno, sin dureza ni resistencia a la fricción. Goodyear observó que se endurecía sin perder sus propiedades elásticas al calentarlo con algunas sales de azufre y cloro.

En el ramo de la óptica, el gran descubrimiento de la época romántica fue la fotografía. Como tantos inventos prácticos de la humanidad, cual la imprenta, el automóvil, etc., no puede decirse en realidad que fue el invento de un solo hombre. La Necesidad y la Posibilidad se encontraron; el agente humano en este caso apenas cuenta. Hacia el 1820, cierto Niepce, de París, sabiendo que el betún de Judea se hace insoluble exponiéndolo a la luz, revistió una plancha metálica de betún y la expuso en la cámara oscura. Las partes que habían sido iluminadas quedaban cubiertas de barniz, y al limpiarlas con ácido se formaba una imagen. El betún de Judea requería una exposición de 6 a 8 horas para fijarse. Casi al propio tiempo, Daguerre hacía experimentos con sales que se descomponían a la luz. Niepce y Daguerre se asociaron, consiguiendo ya resultados que prometían éxito en una explotación industrial. Pero Arago, dándose cuenta de la importancia del asunto, logró que Daguerre y su asociado divulgaran el secreto a cambio de una pensión anual del estado de 6.000 y 4.000 francos, respectivamente.

Cada invención romántica es una verdadera novela, muchas veces una novela de crímenes y latrocinios. Por lo general, los inventores recibieron pocos beneficios, y sus desvelos y esfuerzos en pro del progreso y de la ciencia no obtuvieron la recompensa que merecían; sus inventos fueron explotados por otros que por lo regular ninguna participación habían tenido en ellos. Tal es el caso de la máquina de coser, inventada por Elias Howe en 1846 y explotada en seguida comercialmente por Singer. Y como éste podríamos citar otros ejemplos, que, por desgracia, abundan en grado superlativo.

Pero todo lo que es puro invento científico llega un día, y no lejano, en que se hace práctico, utilizable, aunque se pretenda evitarlo con derechos de invención y leyes de propiedad.

Cuadro de Ch. Schussle titulado "Hombres del progreso" (The National Portrait Gallery, Washington), con los principales inventores norteamericanos. Entre ellos destacaremos al primero de la izquierda, N. T. G. Morton, que aplicó el éter como anestésico; el tercero es S. Colt, inventor del revólver; el primero de los sentados es Ch. Goodyear, descubridor de la vulcanización del caucho; el que está frente a él, Morse, y en la extrema derecha, T. Blanchard, que ideó una máquina para hacer clavos, y E. Howe, la máquina de coser.



BIBLIOGRAFIA

Adams, F. D.	*The birth and development of the geological sciences,* Nueva York, 1954.
Bernal, J. D.	*Historia social de la ciencia,* Barcelona, 1964.
Bodenheimer, F. S.	*The history of biology,* Londres, 1968.
Butterfield, H.	*Los orígenes de la ciencia moderna,* Madrid, 1971.
Gaudant, M. y J.	*Les théories classiques de l'évolution,* París, 1972.
Gilson, E.	*D'Aristote à Darwin et retour. Essai sur quelques constantes de la biophilosophie,* París, 1971.
Gillispie, Ch. G.	*Genesis and Geology,* Harvard Univ. Press, 1951.
Hölder, H.	*Geologie und Paläontologie in Texten und ihrer Geschichte,* Friburgo, 1960.
Leicester, H. M.	*The historical backround of Chemistry,* Nueva York, 1956.
Limoges, C.	*La selection naturelle. Étude sur la première constitution d'un concept (1837-1859),* París, 1970.
Meyer, H. W.	*A history of electricity and magnetism,* Massachusetts, 1971.
Ronchi, V.	*Histoire de la lumière,* París, 1956.
Seans, J.	*L'évolution des sciences physiques,* París, 1951.



Lámpara de gas de mediados del siglo XIX (Museo de la Ciencia, Londres). Al descubrir la lámpara de incandescencia, Edison facilitó en grado extraordinario la iluminación tanto doméstica como de las ciudades.